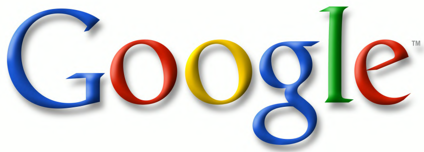




Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre

abgefaßt

von

Friederich Hildebrandt
der Physik und Chemie ordentlichem öffentlichen Lehrer
zu Erlangen

Fortsetzung und Schluß.

Mit drei Kupfertafeln.

Erlangen
in der Waltherschen Verlagsbuchhandlung.
1807.



Zehntes Kapitel.

Von dem Lichte.

§. 476.

Durch die Empfindung des Sehens, welche uns das Auge verschafft, erhalten wir die Anschauung eines Etwas, das wir **Licht** (*Lux*) nennen, des ersten und höchsten in der sichtbaren Natur, und durch dieses Etwas mittelbar die Anschauung von Gegenständen, die von uns entfernt sind, ihrer Grösse, ihrer Gestalt und Farbe. Wir nennen die Wirkung des Lichts auf einen Raum die **Erleuchtung** des Raums, und den davon abhängenden Zustand des Raums, vermöge dessen die in ihm befindlichen Körper sichtbar werden, **Helligkeit**. Ihr ist die **Finsterniß** oder **Dunkelheit**, der Mangel an Licht, entgegengesetzt.

Für jedes Auge ist ein Raum hell oder dunkel, je nachdem derselbe so viel Licht enthält, als für die Empfindlichkeit des Auges hinreichend ist, oder nicht.

§. 477.

Offenbar liegt der subjective Grund der Empfindung des Sehens in dem anschauenden Geiste (§. 38), dem das Auge, und der dazu gehörende Theil des Gehirnes, als Werkzeug dient; die beson-

dere Physik des Organismus hat dieses näher zu untersuchen. Allein es ist eben so offenbar (§. 41), daß zum Sehen etwas ausser dem Auge befindliches, objectives, (§. 42), erfordert werde, ohne welches auch für das gesundeste Auge alles finster ist.

§. 478.

Dieses objective Etwas nennen wir **Licht.** Mühevolle Versuche und Messungen haben uns das Maaß und Verhältniß seiner Wirkungen, seine Verbreitung in geraden Linien, Zurückstralung und Brechung so genau kennen gelehrt, daß für die **mathematische** Kenntniß derselben kaum noch etwas zu wünschen übrig bleibt. Allein die eigentlich **physikalische** Kenntniß des Lichts ist uns noch verborgen; wir können darüber bis izt nur Hypothesen wagen, und über das Licht „in einer Bildersprache reden, welche nur innerhalb gewisser Gränzen gilt.“

§. 479.

Derjenige Theil der Naturlehre, welcher sich mit der Betrachtung des Lichtes (wörtlich: des Sehens) beschäfftigt, heißt die **Optik.**

Die Lehre vom Lichte sollte eigentlich **Photologie** heissen, doch ist dieser Name nicht gewöhnlich; gewöhnlicher der Name **Photometrie** für den mathematischen Theil dieser Lehre.

§. 480.

Einige Körper **leuchten**, oder sind **leuchtend** (*lucida*), d. h. von solcher Art, daß sie durch sich selbst

selbst Helligkeit bewirken, und dadurch nicht allein selbst sichtbar werden, sondern auch andere sichtbar machen.

Bei weitem am stärksten und prächtigsten leuchtend ist für uns die Sonne, der wir unser Tageslicht verdanken. Die Fixsterne sind wahrscheinlich ähnliche Weltkörper, die nur wegen ihrer unermeßlichen Entfernung von unserer Erde uns schwächer leuchtend sind. Auf unserer Erde leuchten die **brennbaren Körper**, indem sie verbrennen, insbesondere der **Harnphosphorus**; **faulende thierische Stoffe**, indem sie eben anfangen zu faulen, **morderndes Holz**; auch einige lebendige **Insecten und Würmer** entbinden aus sich einen leuchtenden Stoff.

Von dem Leuchten gewisser Thierchen rührt auch meist das Leuchten des **Meerwassers** her. S. J. R. Forsters Bem. auf seiner Reise um die Welt. Berlin 1783. S. 44. **Albers** americanische Annalen der Arzneikunde. Heft 1. S. 117.

Schwach leuchtender Körper sind dem Auge unsichtbar, wenn dasselbe schon die Wirkung stärker leuchtender erleidet. (Man sagt: **sie leuchten im Dunkeln.**) Man nennt sie, obwohl im uneigentlichen Sinne des Namens, **Phosphoren**; und sagt: sie phosphoresciren.

§. 481.

Andere hingegen sind **dunkle** (*opaca*), d. h. sie bewirken nicht durch sich selbst Helligkeit, sondern geben nur dasjenige Licht zurück, welches sie von anderen empfangen. Sie sind daher für sich nicht sichtbar, sondern nur dann, wenn sie hinlänglich

nahe an leuchtenden sind. Dann heissen sie **erleuchtet** (*illuminata*) und die leuchtenden Körper, von denen sie ihr Licht empfangen, in Rücksicht auf sie **erleuchtend** (*illuminantia*). Es kann aber auch ein dunkler Körper vermöge der Lichtstralen, die er auf andere dunkle Körper wirft, diese wieder erleuchten.

§. 482.

Es giebt einige dunkle Körper, welche, wenn sie dem Tageslichte eine Zeitlang ausgesetzt waren, dann im Dunkeln leuchten, also gleichsam das Licht in sich aufzunehmen und nachher wieder fahren zu lassen scheinen. Diese heissen eigentlich **Lichtträger** (*Phosphori*), auch **Lichtmagnete** oder **Lichtsauger**.

Am längsten bekannt (1630 durch einen Schuhmacher, **Vincenz Cascariolo**, entdeckt), ist in dieser Art der **bononische Stein** (*Lapis Bononiensis*), ein Schwerspath, welcher im Berge Paterno bei Bologna gefunden wird. Wenn man ihn zwischen Kohlen gelinde glühet, so erlangt er die Eigenschaft, jedesmal, nachdem er eine Zeitlang dem Tageslichte ausgesetzt worden, nachher schwach, also im Dunkeln, zu leuchten. **Marggraf** hat gezeigt, daß auch andere Arten **Schwerspath** (*Baryta sulphurica*) auch **Gyps** (*Calx sulphurica*) diese Eigenschaft haben (Chym. Schriften. Berlin 1761. II. S. 133.) Die Wirkung, welche übrigens erst unten erklärt werden kann, hängt von dem Schwefel ab, in welchen die Schwefelsäure durch das Glühen zwischen Kohlen verwandelt wird.

Can-

Canton's Phosphor (*an easy method of making phosphorus* in den *philos. transact.* LVIII.) ist ein Schwefelkalk, der durch einstündiges Rothglühen eines festgestampften Gemengs aus 3 Theilen Kalk (Austerschaalen, denen man schon vorher durch heftiges Glühen die Kohlensäure genommen hat,) und 1 Theil Schwefel bereitet worden; aber, um sich nicht durch Luft und Feuchtigkeit zu oxydiren, in verschlossenen Gläsern aufbewahrt werden muß.

Andere Phosphoren sind der **Balduinische: Kalksalpeter** (*Calx nitrica*), nachdem man durch Erhitzung die Säure aus ihm (grossentheils) ausgetrieben hat (Christoph. Adolph. Balduini *aurum superius et inferius aurae superioris et inferioris hermeticum s. magnes luminaris.* Francof. et Lips. 1672. 12.); der **Hombergische: Kalksalz** (*Calx muriatica*), und zwar der Rückstand der Destillation des Ammoniums aus mit Kalk beschicktem Salmiak, welcher mehr Kalk enthält, als zur Sättigung der Säure nöthig ist.

Jacob Barthol. Beccari (*de quam plurimis phosphoris nunc primum detectis* in den *Comm. Bonon.* Tom: II. P. II. p. 136. III. p. 498.) fand, daß viele Stoffe, vegetabilische und thierische, wenn sie nur völlig trocken sind, eben diese Eigenschaft haben.

Sowohl diese Lichtmagnete, als jene von selbst leuchtende Stoffe leuchten stärker, wenn sie gelinde erwärmt werden; aber sie hören zu leuchten auf, wenn sie stark, bis zum Siedgrad des Wassers und drüber erhitzt, auch wenn sie zum Frostpunct des Wassers und drunter erkältet werden. Hulme's Versuche übers. in Gilberts Annalen. XII. 2. S. 129. 224.

§. 483.

§. 483.

Das Licht verbreitet sich stets in geraden Linien, und so lange nicht durch Zurückwerfung, Brechung, 2c. seine Richtung geändert wird, in **denselben** geraden Linien. Ein leuchtender Körper kann von allen Seiten gesehen werden und verbreitet nach allen Seiten Erleuchtung. Man muß, um dieses genauer zu betrachten, sich zuerst ein leuchtendes Punct (oder besser einen leuchtenden Atom) (§. 59) vorstellen, von welchem die Verbreitung des Lichtes ausgeht. Jedes Punct eines leuchtenden oder erleuchteten Körpers kann da, aber auch (so lange nicht Zurückstralung, Brechung 2c. erfolgt,) nur da gesehen werden, wohin von ihm eine gerade Linie gedacht werden kann, ohne daß diese gerade Linie durch ein Hinderniß unterbrochen wird.

§. 484.

Um die Betrachtung der Verbreitung des Lichtes zu erleichtern, denke man sich in jeder Sphäre, in welcher Licht von einem leuchtenden oder erleuchteten Puncte verbreitet wird, **Lichtstralen** (*Radii lucis*), als einzelne gerade Linien, welche, als Halbmesser der erleuchteten Sphäre, vom leuchtenden Puncte, als dem Mittelpuncte der Sphäre, ausgehen. Wir wollen in Beziehung auf diese Stralen das Punct das **stralende Punct** (*Punctum radians*) nennen. Zwar herrscht in einer erleuchteten Sphäre das Licht mit Stetigkeit, und es wäre falsch,

sich

sich diskrete Lichtlinien neben einander in derselben zu denken; allein eben deswegen, weil es an jedem Orte in der ganzen Sphäre sich in einer geraden Linie verbreitet, ist diese Betrachtung gestattet, indem man eine oder einige solcher geraden Linien sich allein denkt, um an ihnen den Gang der Verbreitung zu zeigen. Der Ausdruck: ein Lichtstral, soll nur soviel heissen, als: vom Licht entstehende Bewegung, die in einer geraden Linie fortgeht.

Man kann diese Betrachtung versinnlichen, indem man in ein finsteres Zimmer durch kleine Oeffnungen Sonnenlicht eintreten lässet, wobei allemal die erleuchteten Lufttheilchen in einer geraden Linie liegen.

§. 485.

Diejenigen Körper, welche die Verbreitung des Lichts in geraden Linien gestatten, heissen **durchsichtige** (*pellucida*, *transparentia*, *diaphana*). Das Auge kann ein Punct sehen, wenn zwischen demselben und dem Puncte nur durchsichtige Körper liegen. Auch erstreckt sich die Erleuchtung, welche ein *leuchtendes* Punct verbreitet, durch alle durchsichtigen Körper durch, welche die Stralen des Punctes auf ihrem Wege antreffen, so daß diese Körper nicht allein auf ihrer dem Lichte zugewandten Oberfläche, sondern in ihrer ganzen Masse erleuchtet werden.

§. 486.

Undurchsichtige Körper sind solche, welche die Verbreitung des Lichts in geraden Linien hemmen.

men. Das Auge kann ein Punct nicht sehen, wenn zwischen demselben und dem Puncte ein undurchsichtiger Körper liegt. Auch erstreckt sich die Erleuchtung, welche ein leuchtendes Punct verbreitet, nur bis an den nächsten undurchsichtigen Körper, so daß nur seine dem Lichte zugewandte Oberfläche erleuchtet ist.

§. 487.

Auch die durchsichtigen Körper sind in sehr verschiedenen Graden durchsichtig. Vollkommen durchsichtig ist keiner, sondern der Fortgang des Lichtes wird auch in den durchsichtigsten Körpern immer um etwas gehemmt. Die nur wenig durchsichtigen heissen **durchscheinend**.

Traite d'optique sur la gradation de la lumiere par Mr. Bouguer. Paris 1760. 4. p. 225. Lambert *photometria.* P. II. 388.

Saussure's Diaphanometer. Beschr. von Murhard in Gren's n. Journal der Physik. IV. I. S. 101.

§. 488.

Die durchsichtigen Körper können, wie bei der Bewegung (§. 301), **Mittel** genannt werden, wenn gleich die Materialität des Lichts nicht angenommen wird, in so fern sie doch in jedem Falle Mittel sind, durch welche das Licht zum Auge gelangt. So lange ein Lichtstral in demselben durchsichtigen Mittel bleibt, bleibt er auch in einer und derselben geraden Linie; wenn er aus einem durchsichtigen

gen

gen Mittel in ein anderes tritt, welches eine verschiedene Dichtigkeit hat, so wird er gebrochen, d. h. von seinem Wege abgelenkt, so daß der folgende mit dem vorigen einen Winkel macht. Wenn er an der Gränze des Mittels, in welchem er bisher fortgieng, auf einen undurchsichtigen Körper stößt, so wird er von der Oberfläche desselben zurückgeworfen, d. h. er geht in einer neuen Richtung durch das Mittel zurück. Beides wird unten genauer untersucht werden.

§. 489.

Worin der Grund der Durchsichtigkeit bestehe, würde nur dann sich mit Gewißheit bestimmen lassen, wenn uns das Licht selbst hinlänglich bekannt wäre. Ohne Zweifel wird zur Durchsichtigkeit erfordert, daß ein Körper durchaus gleichmäßig dicht sey, damit die durchgehenden Lichtstralen (§. 484) innerhalb desselben nicht gebrochen werden. Dieselbe Materie wird undurchsichtig, wie sie ihre gleichmäßige Dichtigkeit, durch Krystallisation, Vermengung mit Luft rc. verliert, weil jeder Lichtstral im Durchgange durch dieselbe zu wiederholtenmalen gebrochen, theils auch zurückgeworfen wird. Daher sind auch Körper in dünnen Plättchen durchsichtig, welche in dickeren Stücken undurchsichtig sind. Allein die Metalle sind undurchsichtig, auch in den dünnsten Plättchen, selbst wenn sie im geschmolzenen Zustande so ruhig fliessen, daß sich

an

an ihrer gleichmäßigen Dichtigkeit nicht zweifeln läßt.

Undurchsichtigkeit eines Gemengs von Wasser und Oel; des Wasserschaums; des gepülverten Glases.

Durchsichtigkeit des geölten Papiers, des geschmolzenen Talgs ꝛc.

Der Hydrophan und Pyrophan.

§. 490.

Die Verbreitung oder der Fortgang des Lichts geschieht mit einer Geschwindigkeit, welche alle andere bekannte fast ohne Vergleichung übertrifft. Nach den genauesten Beobachtungen gelangt das Licht von der Sonne zu der Erde in 8 Minuten 7,5 Secunden, setzt also seine Bewegung in einer Secunde durch mehr als 40000 geographische Meilen fort.

Vergeblich hatte die florentinische Akademie sich bemühet, durch gewisse Versuche auf der Erde die Geschwindigkeit des Lichts zu messen, als 1670 bis 1675 Olof Römer, ein Däne, so glücklich war, durch seine fleissigen Beobachtungen der Jupiterstrabanten, die er mit Cassini dem ältern auf der Sternwarte zu Paris anstellte, von einer bestimmbaren Geschwindigkeit des Lichts überzeugt zu werden. Es sey (Tab. VI. fig. 106.) in c die Sonne, a e d b die Erdbahn, p q die Jupitersbahn, j der Jupiter, m einer seiner Trabanten, der, indem er in den Schatten des Jupiters tritt, verfinstert wird, so zeigte sich, daß der Austritt des Trabanten aus dem Schatten in n immer später als zur berechneten Zeit erschien, während die Erde von a nach e gieng,

und

und früher, während sie von b nach a gieng. Der größte Unterschied, zwischen den Stellen a und d betrug über 14 Minuten ꝛc. Jacob Bradley's wichtige Entdeckung der Abirrung des Lichts (Smith's Lehrbegriff der Optik üb. von Kästner. 4 B. 7 Cap. S. 354) hat nachher jene aufs genaueste bestätigt, und die im §. angegebene Zeit bestimmt.

§. 491.

Da das Licht von einem Puncte c (Tab. I. fig. 6.), von welchem es ausgeht, überall hin in geraden Linien verbreitet wird, so machen alle die Lichtstralen, welche von demselben auf eine gegebene Kreisfläche AB fallen, einen **Stralenkegel** AcB aus, dessen äusserste Stralen AC, BC desto mehr **divergiren**, (unter einem desto größern Winkel aus einander weichen,) je kleiner die Entfernung cR der Fläche vom Puncte c im Verhältniß zu dem Durchmesser derselben ist. Wenn diese Entfernung im Verhältniß zu dem Durchmesser der Fläche sehr groß ist, so wird die Divergenz endlich so klein, daß *man* den Stralenkegel als einen **Stralenkylinder**, mithin die Stralen als **parallel** betrachten kann.

Es sey mcd (Tab. IV. fig. 85.) ein Winkel von einer Secunde, so ist der Sinus dieses Winkels md = 48,5, wenn der Halbmesser cd = 10000000 gesetzt wird. Also macht jeder der äussersten Stralen mc, nc des vom Puncte c auf die Fläche mn fallenden Stralenkegels einen Winkel von einer Secunde mit der Axe, oder die äussersten Stralen einen von zwei Secunden mit einan-

der

der, wenn die Entfernung des Puncts c von dieser Fläche sich zum Halbmesser derselben, wie 10000000 zu 48,5 oder was einerlei ist, wie 206185 (runde Zahl: 200000) zu 1 verhält. Da nun die Sonne von der Erde 20138085 (runde Zahl: 20000000) geographische Meilen entfernt ist, so machen in einem Stralenkegel, der von einem Puncte der Sonne auf eine Fläche der Erde fällt, welche 100 Meilen im Halbmesser hat, die äussersten Stralen erst einen Winkel von zwei Secunden mit einander. Demnach werden die Stralen, welche von jedem Puncte der Sonne auf die kleinen Flächen unserer optischen Werkzeuge fallen, als parallel anzusehen seyn.

§. 492.

Das Licht, welches von einem Puncte auf die Sehe (*Pupilla*) des Auges fällt, ist zu betrachten als ein Stralenkegel, dessen Grundfläche die Sehe, dessen Spitze das Punct ist.

§. 493.

Die Stärke (Intensität) des Lichtes verschiedener leuchtender Körper kann schon ursprünglich sehr verschieden seyn. Es läßt sich denken, daß ein leuchtender Körper aus jedem Punct seiner Oberfläche viel mehr Licht gebe, als ein anderer. Wenn aber ein leuchtender Körper aus jedem Puncte seiner Oberfläche gleichviel Licht giebt, so verhält sich, bei übrigens gleichen Umständen, die Stärke der Erleuchtung, welche er bewirkt, wie die Größe seiner Oberfläche.

§. 494.

Die Stärke der Erleuchtung einer (Tab. I. fig. 6.) von einem leuchtenden Puncte C erleuchteten Fläche ab, AB, welche **senkrecht** gegen die Axe des Stralenkegels CR gestellt ist, **verhält sich umgekehrt, wie das Quadrat ihrer Entfernung** vom leuchtenden Puncte.

Die Entfernungen seyen cr, CR, so verhalten sich, da ar mit AR parallel liegt,

$$ar : AR = cr : CR$$

d. h. die Halbmesser der erleuchteten Flächen, wie ihre Entfernungen, also die Flächen selbst, wie die Quadrate der Entfernungen. Mithin muß die Lichtmenge des Kegels acb in eben diesem Verhältnisse mehr Puncte auf der entfernteren Fläche AB erleuchten, als auf der näheren ab, folglich in demselben Verhältnisse jedes Punct schwächer erleuchtet werden, (also die Stärke der Erleuchtung im umgekehrten Verhältnisse stehn.) Wenn AB doppelt so weit von C entfernt ist, als ab, so müssen auf (der Fläche) AB [redacted]mal so viel Puncte 4
erleuchtet werden, folglich ist die Erleuchtung jedes Puncts nur [redacted] so stark ꝛc. 1/4

§. 495.

Bei gleicher Entfernung vom leuchtenden Puncte verhält sich, wenn die erleuchtete Fläche bc gegen die Axe des Stralenkegels ce **schief** steht, die Stärke der Erleuchtung, **wie der Sinus des Neigungswinkels,** (unter welchem die erleuchtete Fläche gegen die Axe des Lichtkegels geneigt ist,) **zum Sinus totus** (Tab. VI. fig. 105).

Da

Da, indem eine Fläche gegen die Axe des Lichtkegels geneigt ist, ihre Theile selbst verschiedene Entfernung vom leuchtenden Puncte erhalten, so muß man sich unter b c eine in der Ebene des Neigungswinkels liegende unendlich kleine Linie vorstellen. Auf b c würden, wenn sie senkrecht gegen die Axe c e des Lichtkegels stände, so viel Stralen fallen, als zwischen f a und e c liegen; da sie aber schief liegt, so fallen nur diejenigen auf sie, welche zwischen g b und e c liegen, also die, welche auf die senkrechte Linie n c fallen würden. n c = b d aber ist der Sinus des Neigungswinkels x, wenn c a = c b als Halbmesser oder Sinus totus gesetzt wird.

§. 496.

Indem ein dunkler undurchsichtiger Körper die Verbreitung des Lichtes von einem leuchtenden Körper hemmet, so entsteht an der Seite des dunklen Körpers, welche von dem leuchtenden abgewandt ist, **Schatten** (*Vmbra*), d. h. ein Raum, welchem das unmittelbar von dem leuchtenden Körper kommende Licht fehlt. Dieser kann, als dunkel an sich selbst, nicht gesehen werden; aber, wenn man seine Gränzen vermöge eines neben und um ihn befindlichen hellen Raumes wahrnehmen kann, so läßt sich seine Lage und Gestalt bestimmen. Kleine Schatten erhalten auch von dem leuchtenden Körper, dessen unmittelbares Licht ihnen fehlt, noch so viel mittelbares Licht durch die Zurückstralung, daß sie vermöge dessen einige Helligkeit erhalten, und Gegenstände in ihnen gesehen werden können, und in

in manchen Fällen erhalten Körper, welche sich im Schatten in Rücksicht auf einen leuchtenden Körpers befinden, Licht von einem anderen.

§. 497.

Ein dunkler Körper wirft, wie man bildlich sagt, einen Schatten, der allemal dem leuchtenden, dessen Licht der dunkle Körper abhält, gerade gegenüber liegt, und dessen Gestalt und Größe von der Gestalt und dem Verhältnisse seines den Lichtraum schneidenden Umfanges zu dem des leuchtenden Körpers abhängt. In diesem Schatten können andere Körper stehen, die dann von jenem beschattet werden: allemal aber steht die vom leuchtenden Körper abgewandte Seite des beschattenden Körpers selbst im Schatten.

§. 498.

Wenn eine kleinere dunkle Kugel das Licht einer größern leuchtenden auffängt, so entsteht ein kegelförmiger Schatten, der vom dunklen Körper an immer schmaler wird. Wenn aber eine größere dunkle Kugel das Licht einer kleineren leuchtenden auffängt, so entsteht ein abgekürzt kegelförmiger Schatten, der vom dunklen Körper an immer breiter wird, und ohne Ende fortgeht.

§. 499.

Die merkwürdigsten Schatten sind die Schatten, welche die Erde und andere Planeten in Rück-

Rücksicht der Sonne werfen. Da sie kugelförmige Körper sind, und die Sonne auch, diese aber grösser, als jeder Planet, so wirft jeder Planet einen Schatten, welcher kegelförmig ist, also sich in eine Spitze endigt, und dessen Länge durch das Verhältniß des Halbmessers der Sonne zum Halbmesser des Planeten bestimmt wird.

Es sey AB (Tab. V. fig. 88.) der Sonnenhalbmesser $= 112$ und heisse R; ab der Erdhalbmesser (mit AB parallel) $= 1$ und heisse r; $Aa = mb$ die Entfernung der Erde von der Sonne und heisse d; ac die Länge des Erdschattens und heisse L; so ist

$$mB : mb = ab : ac$$

$$R - r : d = r : L$$

$$L = \frac{d \cdot r}{R - r}$$

$$= \frac{24000 \cdot 1}{112 - 1} = 217$$

Daraus folgt, daß, da der Mond nur 60 Erdhalbmesser von der Erde entfernt ist, derselbe in den Erdschatten treten könne, wenn er mit der Erde und der Sonne in einer geraden Linie steht. Dieser Ort sey n, so ist da nv der Halbmesser des Schattens, $av = 60$, und

$$ac : ab = vc : vn$$

$$vn = \frac{ab \cdot vc}{ac}$$

$$= \frac{1 \cdot (217 - 60)}{217} = \frac{157}{217} = \frac{8}{11}$$

Wenn vn oder der Halbmesser des Erdschattens bei v $\frac{8}{11}$ des Erdhalbmessers ist, der Mondshalbmesser aber

nur

nur $\frac{3}{11}$ des Erdhalbmessers beträgt, so erhellet daraus, daß der Mond nicht nur ganz in den Erdschatten eintreten, sondern auf seinem Wege eine Weile im Erdschatten bleiben, daß es also eine totale Mondsfinsterniß mit Dauer geben kann.

§. 500.

Die Schatten sind körperliche Räume. Man nennt aber bisweilen auch die **beschatteten Flächen** so, welche auf der Oberfläche der Körper entstehen, die einen Schattenraum begränzen, so daß ihre Oberfläche den Schattenraum gleichsam durchschneidet. Man nennt diese Oberfläche die **den Schatten auffangende Fläche.** Die Grösse dieser Schatten hängt davon ab, ob der beschattende Umfang des Schatten werfenden Körpers grösser oder kleiner ist, als der Umfang des leuchtenden, und von der Entfernung des leuchtenden, des dunkeln, und der auffangenden Fläche von einander. Die Gestalt hängt von der Gestalt des beschattenden Umfangs des dunklen Körpers, theils von der Lage der auffangenden Fläche und des beschattenden Umfangs gegen die Richtung der Stralen ab.

Anwendung auf die Schattenrisse (Silhouetten).

Wie die beschattenden Körper sich bewegen, so bewegen sich natürlich auch ihre Schatten, also diese beschatteten Flächen mit. Die *Ombres chinoises*.

§. 501.

Auf der Oberfläche unserer Erde sind insbesondere die Gestalten der beschatteten Flächen merkwür-

dig, welche auf derselben entstehen, indem vorragende Körper das Sonnenlicht hemmen. Der Schatten (beschattete Fläche) ac, welcher (im Sonnenschein) entsteht, wenn (Tab. IV. fig. 85.) der beschattende Umfang eines Körpers ae (Pfahls, Stifts) senkrecht auf einer wagerechten Fläche ad steht, heißt **gerader Schatten** (*Vmbra recta*). Seine Länge ac verhält sich zu der des Körpers ae, wie der Cosinus der Sonnenhöhe (des Winkels eca) zu dem Sinus derselben, oder wie der Sinus totus zur Tangente der Sonnenhöhe.

Man kann daher die Sonnenhöhe durch Messung eines solchen Schattens finden.

Je niedriger die Sonne steht, desto länger ist dieser Schatten.

§. 502.

Der Schatten (beschattete Fläche) am (Tab. V. fig. 89) hingegen, welcher entsteht, wenn der beschattende Umfang eines Körpers ab wagerecht gegen eine senkrechte Fläche pm steht, heißt **verkehrter Schatten** (*Vmbra versa*). Seine Länge am = bn verhält sich zu der Länge des Körpers ab, wie der Sinus der Sonnenhöhe (des Winkels bmn) zu dem Cosinus derselben, oder wie der Sinus totus zur Cotangente der Sonnenhöhe.

§. 503.

Wenn ein dunkler Körper sich in einem Raume befindet, der von mehreren leuchtenden Körpern

zu-

zugleich erleuchtet wird, so wirft er jedem leuchtenden Körper gegenüber einen besondern Schatten. Jeder dieser Schatten ist dann desto stärker, d. h. desto dunkler und sticht mithin desto mehr gegen die Helligkeit ab, je stärker das Licht ist, zu welchem er gehört. Und diejenigen Schatten sind die dunkelsten, in denen zwei oder mehrere sich vereinigen, weil diesen das Licht von zweien oder mehreren leuchtenden Körpern zugleich entzogen wird.

Graf Rumford's Photometer. Beschreib. e. Methode, die comparativen Intensitäten des Lichts leuchtender Körper zu messen von Benj. Thompson, Grafen von Rumford aus den *philosoph. Transact.* übers. in Gren's neuem Journal der Physik. II. 1. S. 15.

§. 504.

Nur bei einem leuchtenden Puncte könnte ein von dem hellen Raume scharf begränzter Schatten entstehn. Bei einem leuchtenden Körper entsteht um den Kernschatten (*Umbra perfecta*) herum, welcher gar kein Licht von dem leuchtenden Körper erhält, der Halbschatten (*Penumbra*), welcher alle diejenigen Puncte in sich enthält, denen einiges, aber nicht alles, Licht des leuchtenden Körpers verdeckt wird.

Es sey (Tab. VI. fig. 102.) die Sonne in ab, die Erde in ed, so entsteht der Kernschatten edc, (wovon edc der Durchschnitt durch die Axe ist,) und der Halbschatten fedg (wovon fedg der Durchschnitt durch die Axe ist).

Es sey (Tab. IV. fig. 86.) in S die Sonne, cp ein senkrecht stehender Stab, auf der horizontalen Fläche pn; pm der Kernschatten, indem von p bis m gar keine Sonnenstralen auffallen; mn ist der Halbschatten, welcher von m bis n immer mehr Stralen empfängt, und in n in die völlige Helligkeit übergeht.

§. 505.

Was ist das Licht? Die meisten Physiker haben aus der Weise, wie uns das Licht erscheint, geschlossen, daß es eine besondere Materie des Lichtes, einen **Lichtstoff** (*Materia lucis*) gebe, der, in Bewegung gesetzt, die Erscheinung des Lichtes bewirke. Ohne hier auf die älteren, wenig Werth habenden, Hypothesen zurückzugehen, bleiben wir bloß bei den beiden Systemen der beiden größten Optiker stehn.

§. 506.

Der grosse Newton hat zwar in seinem klassischen Werke über die Optik sich auf keine Hypothese über die Natur des Lichts eingelassen; indessen wird das sogenannte **Emanationssystem**, welches viele Physiker angenommen haben, ihm zugeschrieben und aus gewissen, jenem Werke angehängten, Fragen *), abgeleitet. Nach diesem Systeme strömt das Licht, als etwas materielles, aus den leuchtenden Körpern aus, und wird von den dunkeln undurchsichtigen zurückgeworfen. Die Lichtstralen sind die Wege aus den leuchtenden Körpern ausgeflossener Theilchen. Die durchsichtigen Körper lassen diese Materie wirklich durch

durch sich durchgehen. Die Phosphoren nehmen aus dem Lichte, das sie erleuchtet, Lichtstoff in sich auf, und lassen diesen (nach dem Gesetze des Gleichgewichts) wieder fahren, wenn sie in einen Raum gerathen, in welchem es an Licht fehlt.

*) Vorzüglich *Quaestio* 19. Den Titel des Werks s. am Ende dieses Abschnitts.

§. 507.

Euler hingegen hat in seinem optischen Systeme, welches gewöhnlich das Vibrationssystem genannt wird, unter dem Namen Aether, wie auch vor ihm schon Huygens gethan hatte, eine höchst feine, flüssige und elastische Materie angenommen, welche 387 Millionen mal mehr ausgedehnt sey, als unsere atmosphärische Luft. Dieser Aether sey im ganzen Weltenraume verbreitet. Das Licht bestehe in einer zitternden oder schwingenden Bewegung dieses Aethers, welche sich von dem Puncte aus, in welchem sie entsteht, nach allen Seiten verbreitet. Ein Lichtstral sey eine geradelinigte Reihe bewegter Aetherthellchen. Leuchtende Körper seyn solche, welche durch ihre eigene Kraft in eine zitternde Bewegung gerathen, die sie dann dem Aether mittheilen, indem sie denselben schlagen. Die dunkeln Körper können nicht durch eigene Kraft in eine solche zitternde Bewegung gerathen; sie können aber von dem zitternden Aether, nachdem derselbe durch leuchtende Körper geschlagen worden, geschlagen

wer-

werden, und die undurchsichtigen geben denselben die Schläge zurück. Die durchsichtigen setzen die empfangenen Schläge durch sich hindurch auf die entgegengesetzte Seite fort. Bei den Phosphoren dauern die Schwingungen, welche das Licht auf ihrer Oberfläche erregt hat, im Dunkeln noch eine Zeitlang nach ꝛc.

Christ. Huygens *traité de la lumière. Leid.* 1790. 4. Leonard. Euler *nova theoria lucis et colorum* in deſſ. *Opusc. varii argum.* Berolin. 1746. 4. p. 169. sqq. Deſſ. *lettres à une princesse d'Allemagne.* Mietau et Leipzic. 1770. 8. I. Lettr. 17—31.

§. 508.

Man setzt dem Emanationssysteme entgegen: 1) daß die Sonne durch das beständige Ausströmen einer Materie aus ihrer ganzen Oberfläche nach allen Seiten längst erschöpft seyn müßte; 2) daß nicht einzusehen sey, wo diese Menge von Lichtstoffe bleibe, welcher beständig auf die Körper fällt; 3) daß es unbegreiflich sey, wie der Lichtstoff, aus der Sonne ausströmend, sich mit so ungeheurer Geschwindigkeit bewegen sollte; 4) daß eine solche Materie die Planeten in ihrem Laufe stören müßte; 5) daß die unzähligen Lichtstralen, welche sich in allen möglichen Richtungen durchkreuzen, einander in ihren Bewegungen hindern, 6) daß die durchsichtigen Körper überall und nach allen Richtungen durchbohrt seyn müßten.

§. 509.

§. 509.

Allein gegen den ersten Grund läßt sich antworten, daß die Sonne vielleicht allerdings durch die Ausströmung des Lichts etwas verlieren kann, welches nur bei ihrer Grösse und Dichtigkeit, und der geringen Dichtigkeit des Lichtes uns in mehreren Jahrtausenden noch nicht merklich wird; und daß es auch Mittel geben kann, der Sonne ihren Verlust wieder zu ersetzen. Gegen den andern, daß es theils zurückgeworfen wird, theils von den Körpern angezogen und gebunden werden kann. Gegen den dritten, daß Geschwindigkeit etwas relatives ist, und die Unmöglichkeit einer so geschwinden Bewegung einer Materie doch nicht erwiesen werden kann, die Unbegreiflichkeit aber keinen hinlänglichen Grund giebt, da sie sich bloß auf die Vergleichung mit den Bewegungen auf unserer Erde gründet. Der vierte und fünfte Grund trifft das Vibrationssystem eben so stark; gegen den vierten läßt sich antworten, daß eine so feine und flüssige Materie, als die Lichtmaterie gedacht wird, einen nur sehr unbeträchtlichen Wiederstand leisten kann; und gegen den fünften: es läßt sich denken, daß die Theilchen eines Lichtstrals nicht stetig, sondern unterbrochen auf einander folgen, so daß Lichtstralen in verschiedenen Richtungen einander durchkreuzen könnten, ohne daß die Lichttheilchen selbst einander träfen *). Der sechste möchte unter allen der erheblichste seyn, obwohl die Vertheidiger des Emanationssystems dagegen

gen sagen, daß auch die durchsichtigsten Körper nie alles Licht durchlassen, und daß sie vielleicht nur an sehr vielen Stellen das Licht durchlassen, die uns wegen der Kleinheit der nicht durchlassenden Zwischenräume zusammenhängend erscheinen.

*) Dem Auge könnte die Reihe dennoch als stetig erscheinen wegen des Beharrens der Empfindung. S. unten: Auge.

Placidus Heinrich Preisschrift: Kommt das Newtonsche oder Eulersche System vom Lichte mit den neuesten Erfahrungen der Physik mehr überein? In den neuen philosoph. Abh. der Baierischen Akademie der Wissenschaften. V. Band.

Versuch über das Licht von J. J. Engel. Berl. 1800. 8.

§. 510.

Es ist auch nicht zu leugnen, daß die meisten Erscheinungen, welche uns das Licht gewährt, sowohl die Zurückstralung und Brechung, als die Beugung und die Entstehung der Farben, besonders die chemischen Wirkungen des Lichts, aus dem Emanationssysteme sich viel ungezwungener erklären lassen, als aus dem Vibrationssysteme. Daher ist bis auf den heutigen Tag das Emanationssystem den meisten Physikern annehmlicher gewesen. Insbesondere haben diejenigen neueren Chemiker, welche das Stahlische System der Chemie mit dem Lavoisierschen zu vereinigen gesucht haben, unter dem (in jenem Systeme längst gebräuchlichen, aber in seiner

ner Bedeutung nicht genau bestimmt gewesenen) Namen **Phlogiston** oder **Brennstoff** einen **Stoff des Lichts** angenommen, welcher in gewissen, namentlich in den brennbaren, Körpern gebunden liege, und, wenn er frei werde, das Licht als Erscheinung bewirke. Die meisten nehmen dabei zugleich einen Wärmestoff an, welcher den Lichtstoff in diejenige Ausdehnung versetze, in welcher er als Licht erscheint.

Vorzüglich Gren in s. Handbuch der gesammten Chemie. Zweite Aufl. I. §. 229.

Auch Hermbstädt (Versuch einer neuen Theorie rc. im. neuen allg. Journal der Chemie. II. 1.) nimmt einen **lichtzeugenden Stoff** (*Photogenium*) an, welcher durch Wärmestoff zum Lichte ausgedehnt werde.

§. 511.

Allein es scheint überhaupt nicht allein unnöthig, einen Stoff des Lichts anzunehmen, sondern auch unstatthaft, sich das Licht als etwas materielles zu denken. Es ist das erhabenste in der ganzen sichtbaren Natur; nicht, wie die Stoffe unserer Erde, auf diese kleine Sphäre beschränkt; ein belebendes Gemeingut nicht nur unseres Sonnensystems, sondern auch anderer Sonnensysteme, deren Sonnen wir, vermöge ihres Lichtes, in weiter Entfernung erblicken: selbst noch nicht Materie, sondern die noch freie **Dehnkraft** selbst, die den Raum zu erfüllen strebt (§. 119. 120), und noch nicht durch anziehende zur Materie beschränkt ist.

§. 512.

§. 512.

Das Licht verbreitet sich im Raume, aber es erfüllet ihn nicht. Wir können so viele Sterne, die über unserm Horizonte liegen, zugleich sehen, ohne daß die von einem zu unserem Auge gehenden Lichtstralen die von einem andern kommenden hindern, zu demselben zu gelangen. Wir können durch eine sehr kleine Oeffnung (eines Kartenblattes) eine Menge Gegenstände zugleich sehen. Ein kleines Linsenglas giebt uns die Abbildung einer weiten Gegend. Dieses alles wäre wohl nicht möglich, wenn das Licht Materie, also undurchdringlich (§. 53) wäre. Auch zeigt uns das Licht selbst gar nichts, als das Bestreben, sich im Raume zu verbreiten: Aenderungen, die es in Materien macht, oder erleidet, lassen sich aus dem Bestreben der Dehnkraft erklären, mit der anziehenden vereinigt zu werden.

§. 513.

Leuchtende Körper sind solche, welche ein Uebermaaß von Dehnkraft, d. h. mehr Dehnkraft haben, als durch ihre anziehende Kraft gebunden werden kann. Vermöge des Bestrebens nach Gleichgewicht (§. 122.b) verbreitet diese freie Dehnkraft sich nach allen Seiten in den umgebenden Raum, und erscheint, wie sie daselbst das Auge trifft, als Licht. Nothwendig muß sie, so lange sie kein Hinderniß ihrer Wirkung findet, von jedem leuchtenden Puncte aus, sich in geraden Linien (**Stralen**) ver-

brei-

breiten. Im leeren Raume sich verbreitend, würde sie sich mit unermeßlicher Geschwindigkeit verbreiten; da sie aber in den die leuchtenden Körper umgebenden Räumen Materie antrifft, so wird sie von dieser aufgehalten. Die undurchsichtigen Körper halten sie beträchtlich auf, so daß sie theils vermöge des Widerstandes ihre Verbreitung in entgegengesetzten Richtung fortsetzen muß (Zurückstralung) theils mit ihnen einigermaaßen in Verbindung tritt, und zur Wärme wird (S. Wärme); einige können sie noch mehr binden, so daß sie selbst in ihre Materie eingeht, und in ihnen materielle Aenderungen macht, welche wohl von der bloßen Erwärmung zu unterscheiden sind. Die durchsichtigen halten dieselbe nur sehr wenig auf: sie verbreitet sich durch sie, so daß sie die Theilchen derselben nach den Richtungen ihrer Verbreitung in Bewegung setzt: je durchsichtiger der Körper ist, desto ungehinderter kann dieses geschehen; doch machen selbst die durchsichtigsten Körper, unsere Luft, und vielleicht die ungleich feinere Materie, welche sich zwischen unserer Luft und der Atmosphäre der Sonne und anderer Planeten befindet, schon ein hinlängliches Hinderniß aus, daß die Geschwindigkeit des Lichts meßbar wird (§. 490), da die Geschwindigkeit der Verbreitung der ganz freien Dehnkraft im leeren Raume unmeßbar seyn müßte (§. 120), ja dabei von Geschwindigkeit wohl gar nicht mehr die Rede seyn könnte.

§. 514.

§. 514.

Zwar hat das Licht offenbar gewisse chemische Wirkungen, d. h. es ändert die materielle Beschaffenheit gewisser Körper ab. Ja es hat ohne Zweifel nicht bloß als erwärmend, sondern auch eben dadurch, daß es neue Stoffe bildet und die schon dasenenden ändert (modificirt), einen höchst mächtigen Einfluß auf die ganze, auch die belebte, Natur. Allein es folgt aus diesen noch gar nicht, daß das Licht selbst Materie sey, so wenig die Construction der Materie überhaupt aus zweien Grundkräften (§. 117) beweisen kann, daß jede dieser beiden Grundkräfte schon selbst Materie sey.

Hornsilber (*Argenticum muriaticum*), welches, so eben mit Kochsalz aus der Auflösung des Silbersalpeters gefället, schneeweiß ist, wird im Sonnenscheine allmälig schwarz (eigentlich sehr dunkelviolett), und die nähere Untersuchung zeigt, daß diese Schwärzung von einer anfangenden Herstellung (in den metallischen Zustand) herrühre.

Gelbe Eisennaphtha (Auflösung des sublimirten Ferrosum muriaticum in Schwefelnaphtha) wird im Sonnenscheine farbenlos, in Finstern wieder gelb.

Die Farben lebendiger Vegetabilien werden durch Sonnenlicht erhöhet; todte Pigmente hingegen verbleichen im Sonnenlichte.

Die grünen Theile der Pflanzen werden im Finstern bleich, und die Pflanzen erkranken. Die Blätter, welche Zwiebeln in Wasser gesteckt im Finstern treiben, sind weiß, wie man sie aber ans Tageslicht stellt, werden sie

sie grün. Man sieht dies auch an den Knospen im Freien.

Bloß dunkle Wärme leistet alle diese Wirkungen nicht.

Memoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire pour modifier les êtres des trois regnes de la nature et sur tout ceux du regne vegetal par J. Senebier. Genev. 1783. 8. Uebers. Leipzig 1785. 8. Dess. *experiences sur l'action de la lumiere solaire pour la vegetation*. Gen. 1788. 8.

Joh. Christoph Ebermaier Versuch einer Gesch. des Lichts in Rücksicht seines Einflusses auf die gesammte Natur. Osnabrück 1799. 8. Ernst Horn über die Wirk. des Lichts auf den leb. menschl. Körper mit Ausnahme des Sehens. Königsb. 1799. 8.

Graf Rumford (Unters. über die dem Lichte zugeeigneten chem. Eigenschaften in Scherer's allg. Journ. der Chemie. II. 7.) leitet diese Veränderungen von der Erhitzung her, welche durch die Absorbtion des Lichts bewirkt werde.

Die Erklärung der Entstehung des Lichts bei der Verbrennung, der Fäulniß, ꝛc. kann erst unten im chemischen Abschnitte gegeben werden.

§. 515.

Wenn das Licht die freie Dehnkraft ist, so wird die Dehnkraft der Körper, auf welche es fällt, (in seiner Verbreitung trifft,) ihm widerstreben und dadurch Zurückstralung entstehen (§. 536); hingegen die anziehende derselben wird streben, das Licht mit sich zu vereinigen. Von dem Verhältnisse und der Modification dieser Kräfte wird es abhängen, ob eines

eines oder das andere, oder beides und in welchem Verhältnisse es geschieht.

§. 516.

Wir werden erst unten, nachdem wir die Brechung der Lichtstralen kennen gelernt haben, die Einrichtung des Auges und die Entstehung von Abbildungen auf der Nervenhaut desselben einsehen können. Indessen müssen wir doch schon hier untersuchen, was wir eigentlich an den Körpern sehen, und wie, in so fern wir dabei noch bloß das objective betrachten, welches ausser dem Auge liegt. Wir lernen dabei die Gesichtsbetrüge oder die optischen Täuschungen (*Fallaciae opticae*) d. h. die falschen Urtheile kennen, in welche wir sehr oft gerathen, wenn wir aus dem, was wir wirklich sehen, auf gewisse Verhältnisse der Gegenstände schliessen.

Bei alle dem, was wir aus dem an den Körpern gesehenen auf ihre Grösse, Gestalt rc. schliessen, hat uns von Jugend auf nach und nach unvermerkt die Vergleichung des Getasts mit dem Gesichte unterrichtet. Wir schliessen dann aus den schon bekannten Fällen auf unbekannte, und meinen oft dasjenige zu sehen, was wir eigentlich nur erschliessen.

§. 517.

Wir sehen niemals ganze Körper, sondern nur die Oberfläche derselben, in so fern von dieser Lichtstralen in unser Auge gelangen; und dann in jedem Stand-

Standpuncte gegen den Körper nur seine uns sichtbare **Fläche**, d. h. denjenigen Theil seiner Oberfläche, welcher unserem Auge zugewandt ist. Dasjenige Licht, welches von dieser Fläche in unser Auge fällt, giebt uns eine **unmittelbare Erscheinung**, aus deren Grösse und Beschaffenheit wir auf die wirkliche Grösse und Beschaffenheit des Körpers schliessen. Wir nennen diese sichtbare Fläche eines Körpers, welche Lichtstralen in unser Auge sendet, den **Gegenstand** des Sehens (*Objectum visionis*).

§. 518.

Uns erscheint dabei jedes **Punct** auf der uns zugewandten Oberfläche des Körpers so, daß von ihm ausgehende Stralen als ein **Stralenkegel** auf unser Auge (in unsere Sehe) fallen, dessen Spitze das stralende Punct, dessen Grundfläche die Sehe ist.

§. 519.

Ein Bild eines Gegenstandes ist eine Erscheinung von Licht, dessen Stralen in eben der Ordnung ins Auge gelangen, als ob sie vom Gegenstande selbst kämen. Wenn die von einem stralenden Puncte eines Gegenstandes ausgehenden Stralen ausser dem Auge durch Zurückstralung (von Hohlspiegeln) oder durch Brechung (in converen Gläsern) wieder in ein Punct vereinigt werden, so entsteht dadurch ein **wirkliches Bild** des Puncts, aus welchem

chem die Stralen, wie von einem Puncte am Körper selbst, ins Auge fahren können. Geschieht dieses mit allen Puncten einer sichtbaren Fläche, so entsteht ein solches Bild der ganzen Fläche, und in so fern des ganzen Körpers, zu dem sie gehört: ein wirkliches, in so fern es ein mit Licht erfüllter Raum ist, dessen einzelne Puncte eben die Lage gegen einander haben, welche sie in einem solchen Körper haben würden, den sie scheinbar darstellen, und welches sich wirklich an der Stelle befindet, in welcher es sich zu befinden scheint.

§. 520.

Es können aber auch unter gewissen Umständen, die nachher näher untersucht werden, durch Zurückstralung (von ebenen Spiegeln) oder durch Brechung (in convexen oder concaven Gläsern ꝛc.) die von einem Puncte ausgehenden Stralen, (ohne sich vorher wirklich in ein anderes Punct zu vereinigen,) gerade so ins Auge gebracht werden, als ob sie von einem andern Puncte kämen. Geschieht dieses mit allen Puncten einer ganzen Fläche, so entsteht ein scheinbares Bild der ganzen Fläche und in so fern des ganzen Körpers, zu dem sie gehört; nur scheinbar, indem kein wirkliches Bild da ist, sondern die Stralen nur so ins Auge Auge fahren, als ob sie von einem wirklichen Bilde kämen.

§. 521.

In jeder Anschauung eines Körpers oder seines Bildes haben wir zuvörderst den Sehewinkel (*Angu-*

(*Angulus opticus*) zu bestimmen, unter welchem die Länge, Breite, der sich darstellenden Fläche erscheinen. Es sey (Tab. VI. fig. 104.) AD eine gerade Linie, (Länge oder Breite einer gesehenen Fläche,) so erscheint sie unter dem Sehewinkel ACD, welchen zwo gerade Linien einschliessen, die von den Endpuncten A und D der Linie nach dem Auge, (und zwar nach dem Puncte C, dem Mittelpuncte des Orts der Krystallinse in Auge,) gezogen werden.

§. 522.

Um die geometrische Betrachtung des Sehewinkels zu erleichtern, setzen wir fürs erste den Fall, in welchem die Linie AD rechtwinklicht gegen die Augenaxe CB gerichtet ist, und führen (die Linie vertical gedacht) dann die Demonstration von dem Theile AB über der Augenaxe. Was von ihm erwiesen wird, kann eben so von dem Theile BD unter der Augenaxe, und wenn die Linie wagerecht stände, von dem nach einer Seite liegenden Theile AB, wie von dem nach der andern Seite liegenden BD, erwiesen werden.

§. 523.

Die Linie AB (fig. 104.) erscheint unter dem Sehewinkel x. Dadurch bestimmt sich ihre scheinbare Grösse (*Magnitudo apparens*) 1) nach ihrer wahren Grösse AB, 2) nach ihrer Entfernung BC vom Auge, und ist nichts anders, als das Verhältniß

$$\frac{AB}{BC}$$

oder das Verhältniß der wahren Grösse einer Linie zu ihrer Entfernung vom Auge. Nennen wir die wahre Grösse G, die Entfernung vom Auge E, so ist

$$\frac{AB}{BC} = \frac{G}{E}$$

Nimmt man die Entfernung BC als Sinus totus, so ist die scheinbare Grösse, nämlich AB im Verhältniß zu BC, **Tangente des Sehewinkels**, und man kann sagen: **die scheinbaren Grössen verhalten sich, wie die Tangenten der Sehewinkel.**

$$E : G = \text{Sinus totus} : \text{Tangens anguli optici}$$

$$\text{Tangens anguli optici} = \frac{G \,.\, \text{Sinus totus}}{E}$$

und da der Sinus totus = 1 ist,

$$= \frac{G}{E}$$

§. 524.

Daraus folgt, daß, wenn die **Entfernungen** zweier (rechtwinklicht gegen die Augenaxe gestellten) Linien vom Auge **gleich** sind, ihre **scheinbaren Grössen** s, S, **sich verhalten, wie ihre wahren:**

$$s : S = \frac{g}{e} : \frac{G}{e} = g : G$$

und daß, wenn die **wahren Grössen gleich** sind, ihre **scheinbaren sich umgekehrt verhalten, wie** ihre

ihre Entfernungen vom Auge:

$$s : S = \frac{g}{E} : \frac{g}{e} = e : E$$

d. h. dieselbe Linie erscheint desto länger, je näher sie dem Auge ist.

Das scheinbare Zusammenlaufen zweier paralleler Baumreihen.

Die Sehne eines Kreises erscheint jedem Auge, das sich im Umfange des Kreises befindet, unter gleich grossem Sehewinkel.

§. 525.

Die Tangenten der Sehewinkel, und mithin die scheinbaren Grössen sind gleich, wenn die wahren Grössen sich verhalten, wie die Entfernungen.

Die wahren Grössen (Tab. VI. fig. 104.) seyn AB, ab, die Entfernungen BC, bc. Wenn

$$\frac{AB}{BC} = \frac{ab}{bc}$$

so sind AB und ab Tangenten für einerlei Sehewinkel x, AB im Verhältniß zum Halbmesser BC, ab im Verhältniß zum Halbmesser bc. ab erscheint daher eben so lang als ab.

§. 526.

Da sehr kleine Winkel sich sehr nahe, wie ihre Tangenten verhalten, so kann man bei sehr kleinen Sehewinkeln, wie sie bei optischen Berechnungen oft vorkommen, die Winkel für die Tangenten setzen.

§. 527.

Unser Auge hat für die Grösse des Sehewinkels gewisse Gränzen, die man durch Versuche zu bestimmen gesucht hat. Wenn ein dunkler nur erleuchteter Gegenstand unter zu kleinen Sehewinkeln seiner Dimensionen erscheint, so können wir ihn nicht mehr sehen. Daher sehen wir einen solchen Gegenstand nicht, wenn entweder seine wahre Grösse zu klein, oder seine Entfernung zu groß ist. Leuchtende Körper erscheinen freilich auch dann noch, wenn ihre Entfernung nach Verhältniß ihrer Grösse so groß ist, daß ihre Durchmesser unter so kleinen Sehewinkeln erscheinen.

Nach Tobias Mayer's Versuchen (*experimenta circa visus aciem* in den Comment. Goetting. IV. p. 97.) mit einem schwarzen Flecken auf sehr weissem Papiere ist der kleinste Sehwinkel im Durchschnitte = 34″. Nach Thom. Bugge (Anleit. zum Feldmessen. Altona, 1728.) ist er bei sehr hellem Wetter und sehr gutem Auge 41″ bis 52″, aber unter ungünstigeren Umständen auf 2′.

Das zusammenhängende Ansehen der Wälder, Kornfelder in der Ferne.

Das Verschwinden eines steigenden Luftballons.

Die Fixsterne als leuchtende Körper, vielleicht von der Grösse unserer Sonne, erscheinen uns noch, ungeachtet ihrer unermeßlichen Entfernung, aber durch ein Fernrohr bloß als leuchtende Puncte, ohne scheinbaren Durchmesser.

§. 528.

§. 528.

Wir sehen niemals die wahre Grösse einer Linie, und mithin niemals die Grösse (Länge, Breite) eines Körpers an sich selbst, sondern nur die scheinbare. Wenn wir aber die **Entfernung** eines Körpers kennen, so schliessen wir aus der scheinbaren Grösse auf die **wahre**.

§. 529.

Die **Entfernung** eines Körpers von uns sehen wir in einigen Fällen, in so fern wir die gerade Linie, welche von ihm zu unserem Auge (z. E. auf dem Erdboden hin) geht, unter einem gewissen Sehewinkel erblicken. Aber in anderen Fällen können wir sie nicht sehen, und schliessen bloß auf dieselbe, aus der scheinbaren Grösse des Körpers, wenn die **wahre** desselben bekannt ist; oft aus der grösseren oder geringeren **Erleuchtung**, worin er uns erscheint; aus der **Deutlichkeit**, mit der seine kleinen Theile erscheinen, indem dazu eine gewisse Nähe erfordert wird, daß diese Theile sichtbar werden (§. 527).

Anwendung auf die Malerei.

§. 530.

Wenn uns weder die Entfernung, noch die wahre Größe eines Körpers bekannt ist, so ist unser Urtheil über die eine oder die andere aus der scheinbaren Größe ganz ungewiß, und veranlaßt oft eine optische Täuschung. Ja dies geschieht schon, wenn

wir

wir Gegenstände von bekannter Größe in ungewöhnlicher Entfernung sehen.

Urtheil über die Grösse des Monds und anderer Planeten, der Fixsterne ꝛc. des aufgehenden Monds und des schon hoch über dem Horizont stehenden; der Menschen, die man ungewöhnlich von einem hohen Thurme herab auf der Strasse sieht.

§. 531.

Wir gehen nun zu dem andern Falle (§. 522) über, in welchem die angeschaute Linie a b (Tab. VI. fig. 107.) schief gegen die Augenaxe c b steht. Dann erscheint sie, welche in senkrechter Stellung A b unter dem Sehewinkel A c b erscheinen würde, unter dem viel kleineren Sehewinkel a c b; und ihre scheinbare Größe a d verhält sich zu der scheinbaren Größe A b, (welche sie haben würde, wenn sie senkrecht stände,) wie der Sinus a d ihres Neigungswinkels a b d (gegen die Augenaxe), zum Sinus totus A b.

Bei einer schief gegen die Augenaxe gerichteten Linie läßt sich nur von einem unendlich kleinen Theilchen das Verhältniß seiner scheinbaren Grösse zu der scheinbaren Grösse dieses Theilchens, wenn es senkrecht stände, bestimmen, weil jedes Punct einer solchen Linie eine andere Entfernung hat. Hier muß die schiefe Linie a b als eine unendlich kleine Linie gedacht werden, welche ganz in a d liegt, da hingegen in der Wirklichkeit alle ihre Puncte, das einzige a ausgenommen, näher, als a d, liegen.

§. 532.

Die Gestalt eines Körpers sehen wir eigentlich nicht, sondern wir schliessen nur auf dieselbe, in-

indem wir 1) ihre Länge, Breite, bei schiefer Stellung auch ihre Dicke, jede unter einem gewissen Sehewinkel sehen, (wobei optische Täuschungen entstehen, wenn wir die eine dieser Dimensionen in senkrechter Stellung gegen die Augenaxe, die andere in schiefer, erblicken;) 2) indem wir ihre Flächen theils erleuchtet, theils mehr oder weniger beschattet sehen, und daraus schliessen, daß diese Flächen nicht in einer Ebene liegen, sondern unter grösseren oder kleineren Winkeln von einander ab- abweichen.

Anwendung auf die Malerei.

§. 533.

Zur Erläuterung gewisser optischer Lehrsätze (theils auch zur Belustigung) dienen die Anamorphosen, d. i. Zeichnungen, welche auf eine gewisse Weise angesehen, etwas ganz anderes darstellen, als wenn sie auf die gewöhnliche Weise angesehen werden.

Optische Anamorphosen im Gegensatz der katoptrischen und dioptrischen heissen Zeichnungen, welche bestimmt sind, mit dem blossen Auge, nur in ungewöhnlicher Stellung, angeschaut zu werden. Eine Art derselben ist in sehr schiefer Richtung einer ihrer Dimensionen angeschaut zu werden bestimmt, und daher so gezeichnet, daß die gegen das natürliche Verhältniß viel zu lange Dimension, vermöge der schiefen Richtung verkürzt erscheinend, nun im richtigen Verhältniß erscheint. Eine andere Art besteht aus zweierlei Zeichnungen in Streifen, welche auf die Seitenflächen parallel neben einander liegender Prismen aufgetragen werden, und dann

zwei

zwei verschiedene Gegenstände darstellen, je nachdem man die Reihe der Prismen von der einen oder von der anderen Seite betrachtet.

§. 534.

Den Ort eines Puncts sehen wir erstlich in so fern, als wir die Entfernung desselben von andern Körpern oder von uns selbst unter einem gewissen Sehewinkel sehen. Da dieses aber nur die scheinbare Größe der Entfernung ergiebt, so sehen wir damit nur den **scheinbaren Ort**, und es ist klar, daß bei unserem daraus gezogenen Urtheile über den wahren Ort optische Täuschungen möglich sind.

Gegenstände, welche sehr weit von einander entfernt sind, scheinen oft sehr nahe bei einander zu stehen, wenn ihre Entfernung (die gerade Linie zwischen ihnen) schief gegen die Augenaxe gerichtet ist.

Scheinbare Nähe des Mondes bei einem Sterne.

§. 535.

Zweitens sehen wir den Ort eines Punctes c (Tab. V. fig. 90) in so fern, als wir dasselbe vor einem andern Puncte d, d. h. zwischen einem andern Puncte d und unserem Auge a sehen. Der Stand eines Puncts c zwischen unserem Auge a und einem andern Puncte d, so daß a, c, d, in einer geraden Linie liegen, heißt insbesondere der **optische Ort** des Puncts c. Denken wir uns durch das Punct c eine Fläche, so können wir auch sagen, der optische Ort des Puncts c sey das

Punct

Punct der Fläche, welcher unserm Auge durch das Punct c verdeckt wird. Es ist klar, daß derselbe sich ändert, wie der Standpunct des Auges sich ändert: das Auge, welches in a stehend das Punct c vor d sah, sieht es, wenn es nach b rückt, vor e. Diese Aenderung des optischen Orts durch Aenderung des Standpuncts, in dem sich das Auge befindet, heißt die **Parallaxe**.

Zurückstralung des Lichts.

§. 536.

Wenn das Licht in einem Mittel (§. 488.) auf einen undurchsichtigen Körper (§. 486.) fällt, so wird es zurückgeworfen, d. h. die Bewegung, welche das Licht in dem Mittel bewirkte, geht, da sie nicht durch den undurchsichtigen Körper fortgesetzt werden kann, in das Mittel zurück. Man nennt dieses die **Zurückstralung des Lichts** (*Reflexio lucis*), und den Theil der Optik, welcher sie zum Gegenstande hat, die **Katoptrik**. Die Ursache derselben setzen wir darin, daß die Dehnkraft, welche in dem zurückwerfenden Körper (mit der anziehenden verbunden) liegt, dem Lichte, welches freie Dehnkraft ist (§. 511.), nicht gestattet, in denselben einzudringen.

§. 537.

Diese Zurückstralung erfolgt nicht bei allen undurchsichtigen Körpern in gleichem Grade. Nur das-

dasjenige Licht wird zurückgeworfen, welches nicht in den Körper eindringt. Einige Stoffe nehmen aber, obwohl sie das Licht nicht als Licht durchlassen, Licht in sich auf, entweder nur so, daß sie es einigermaassen an sich halten, so daß es sie ausdehnt und zur Wärme wird, oder so, daß sie es binden, und in ihre Mischung aufnehmen. Je weniger dies geschieht, desto stärker ist die Zurückstralung.

§. 538.

Ein senkrecht auf eine ebene Fläche ab (Tab. VI. fig. 103.) fallender Stral ef wird nothwendig auch senkrecht nach fe zurückgeworfen.

§. 539.

Um das Gesetz der Zurückstralung für schief auffallende Stralen zu bestimmen, denke man sich (Tab. VI. fig. 103.) an einem undurchsichtigen Körper eine ebene Fläche ab (welche hier in der Zeichnung nur durch eine gerade Linie bestimmt werden kann) als zurückwerfende Fläche (*Planum reflectens*); unter cf einen auffallenden oder einfallenden Stral (*Radius* incidens), unter fd den davon entstehenden zurückgeworfenen Stral (*Radius* reflexus), und unter ef das Einfallsloth (*Cathetus* incidentiae), d. h. eine gerade Linie, die durch das Einfallspunct (*Punctum* incidentiae) f der zurückwerfenden Fläche gehend, auf der zurückwerfenden Fläche senkrecht steht.

Das

Das Einfallsloth e f bestimmt mit dem einfallenden Strale c f durch die drei Punkte c, f, e, die **Zurückstralungsebene** (*Planum* reflexionis); in dieser macht der einfallende Stral mit dem Einfallslothe den **Einfallswinkel** (*Angulus* incidentiae) x; der zurückgeworfene mit dem Einfallslothe den **Zurückstralungswinkel** (*Angulus* reflexionis) y.

Man kann auch v den Einfallswinkel und o den Zurückstralungswinkel nennen, als diejenigen Winkel, welche die Stralen mit der zurückwerfenden Fläche machen. Man muß aber allemal entweder y mit x, oder o mit v vergleichen.

§. 540.

Bei der Zurückstralung wird der einfallende Stral c f allemal so nach f d zurückgeworfen, daß der **Zurückstralungswinkel** y dem **Einfallswinkel** x gleich ist (Tab. VI. fig. 103.).

f m ist das Einfallsloth für den Stral c f auf der Fläche a b. Der auf die Fläche a b schief auffallende Stral c f läßt sich, als Dehnkraft betrachtet, welche gegen die Fläche a b wirkt, zerlegen in die Kräfte c m (welche der Fläche parallel geht) und c a (welche senkrecht gegen die Fläche geht.) Das Einfallsloth f m ist parallel mit c a, und (da auch c m mit a f parallel geht,) = c a; da c m f a ein Parallelogramm ist, so ist a f = c m. Die aus der Fläche a b entgegen wirkende Dehnkraft wirkt von dem Berührungspuncte f aus nur dem senkrecht wirkenden Theile entgegen, treibt also den Stral in der senkrechten Richtung f m = c a zurück. Der parallel wirkende Theil a f bleibt unverändert, und führet ver-

vermöge der Trägheit den Strahl nach fb = fa = cm. Man construire aus den Linien fm und fb und dem rechten Winkel efb das Parallelogramm mfbd, so bestimmt die Diagonale fd den Weg, welchen der zurückgeworfene Stral nehmen muß.

Da das Parallelogramm fbdm dem cmfa gleich ist, so sind auch die Dreiecke cmf und dmf einander gleich, und mithin der Zurückstralungswinkel y gleich dem Einfallswinkel x.

Auf gleiche Weise erhellet, daß der Zurückstralungswinkel o gleich sey dem Einfallswinkel v.

§. 541.

Aus dieser Bestimmung (§. 540) würde sich, wenn es nicht schon vorher bestimmt worden wäre, ergeben, daß der senkrecht auffallende Stral ef (fig. 103.) in sich selbst zurückgeworfen würde.

Denn da bei einem solchen der Einfallswinkel x = Null ist, so muß auch der Zurückstralungswinkel y = Null seyn; d. h. er muß in der Richtung des Einfallslothes rückwärts fortgehen.

§. 542.

Wenn das Licht die freie Dehnkraft ist, so wird die in dem zurückstralenden Körper ihm entgegen wirkende Dehnkraft (§. 515) (wie positive Elektricität der positiven) jedem Lichtstrale schon in einiger Entfernung widerstehen, ehe er noch die Oberfläche des Körpers erreicht, und desto mehr widerstehen, je näher er ihr kommt. Bei dem senkrechten Strale mf (fig. 103.) hat dieses auf die Aenderung der Richtung keinen Einfluß; aber bei dem schiefen wird

es

es die Wirkung haben, daß er eine **krumme Linie** pq beschreibt, indem er aus der Richtung cf in die Richtung fd übergeht.

Diese krumme Linie wird nach Newtons Ansicht der Zurückstralung nur als Weg des Lichtstrals in der äussersten Nähe der zurückstralenden Fläche gedacht: man muß daher nicht erwarten, sie sehen zu können.

§. 543.

Der zurückgeworfene Stral liegt nothwendig mit dem einfallenden Strale und dem Einfallslothe in einer Ebene, also in der Zurückstralungsebene (§. 539).

§. 544.

Ein undurchsichtiger Körper, welcher eine sehr glatte Oberfläche hat, heißt in Rücksicht auf die Zurückstralung des Lichts, welche diese Fläche bewirkt, ein **Spiegel** (*Speculum*); die glatte Fläche selbst eine Spiegelfläche; man versteht aber oft unter dem Namen Spiegel bloß diese Fläche. Nur eine solche Fläche wirft die von einer andern auf sie fallenden Lichtstralen mit einer gewissen Ordnung zurück, so daß die von einem Puncte auf sie fallenden Stralen eben so ins Auge geworfen werden, als ob sie von dem Puncte selbst ins Auge kämen. Dadurch entstehen Bilder (§. 519. 520), welche **katoptrische Bilder** heissen. Die Wirkung eines Spiegels, solche Bilder darzustellen, welche von seiner Glätte abhängt, heißt das Spiegeln.

§. 545.

§. 545.

Die besten Stoffe zu Spiegeln sind die **Metalle**, indem dieselbe vermöge ihrer Dichtigkeit durch Schleifen und Glätten (Poliren) eine sehr glatte Oberfläche erhalten, dabei völlig undurchsichtig sind und deswegen das Licht stark zurückwerfen.

Stahl ist wegen seiner Härte zu schwer zu Spiegeln zu arbeiten, auch kann man nicht leicht den Stahl in so breiten Stücken verfertigen, wie sie zu grossen Spiegeln erfordert werden. Die sogenannten Stahlspiegel bestehen aus gewissen Metallgemischen; vorzüglich aus Kupfer und Zinn. Das beste Verhältniß ist 64 : 29; nach **Edwards** 32 Kupfer zu 15 oder 16 Zinn, mit 1 Messing und 1 Arsenik. Arsenik macht die Mässe weisser und dichter, nur läuft die arsenikhaltige Metallmasse leichter an der Luft an, (wegen der grossen Anziehung des Arseniks zum Oxygene.) Nach **Edwards** geschieht dieses doch nicht beträchtlich, wenn man zu einem Pfunde der Masse nur eine Unze Arsenik setzt. Am besten wird erst das Kupfer geschmolzen, dann das Zinn (damit es nicht verbrenne) besonders geschmolzen, und hinzugegossen und nachdem es damit vereinigt ist, der Arsenik hinzugesetzt. **John Edwards** Anweisung, wie die beste Composition zu den Metallspiegeln der Teleskope zu machen ꝛc. aus dem *Nautical Almanac for* 1787. übers. in **Gilberts** Annalen der Physik. XII. 2. S. 167.

Platina ist ganz vorzüglich tauglich wegen ihrer Dichtigkeit, Härte und Fähigkeit dem Rosten zu widerstehen. **Rochon** setzt ihr, damit sie leichter schmelze und sich giessen lasse, ein Achttheil des gewöhnlichen aus Kupfer und Zinn bestehenden Spiegelmetalls zu. Meine Encyklopädie der Chemie. 13. Heft §. 811.

Gros-

Grosse Hohlspiegel lassen sich sehr leicht aus Gyps verfertigen, indem man die recht glatt gemachte hohle Fläche mit Blattgold oder Blattsilber überzieht.

§. 546.

Unsere gewöhnlichen Spiegel bestehen aus einem Amalgama von Zinn und Quecksilber. Das Spiegelglas, welches sehr rein, völlig klar, von gleicher Dicke, und recht glatt geschliffen seyn muß, dient bloß dazu, um dieses Amalgama zu fassen, und seiner spiegelnden Oberfläche die Glätte zu geben. Diese Spiegel dienen aber nicht zum wissenschaftlich optischen, noch zum astronomischen Gebrauch, weil sie doppelte Bilder machen, eines vermöge der vordern Fläche des Amalgams, das andere vermöge der vordern Fläche des durch das Amalgama undurchsichtig gemachten Glases.

§. 547.

Ein ebener Spiegel mn (d. h. eine ebene spiegelnde Fläche (§. 544), von welcher die gerade Linie mn einen Durchschnitt vorstellt) (Tab. VI. fig. 108.) wirft alle von einem Puncte eines Gegenstandes A auf ihn fallende Stralen so zurück, als ob sie von einem Puncte a kämen, welches in derselben Entfernung hinter dem Spiegel zu liegen scheint, in welcher A davor liegt.

Acn stelle den Raum vor dem Spiegel, acn den scheinbaren Raum hinter dem Spiegel vor. Die Fläche des Papiers ist hier die Zurückstralungsebene. Die Entfernung des Punctes A vor dem Spiegel von demselben

(von

von der spiegelnden Fläche) ist die senkrechte Linie c A; die scheinbare Entfernung des Punctes, das in a hinter dem Spiegel zu liegen scheint, von demselben ist die senkrechte Linie c a.

Man denke sich vom Puncte A einen senkrecht auffallenden Stral A c; da dieser senkrecht zurückgeworfen wird, so muß das Punct a, von welchem das zurückstralende Licht zu kommen scheint, irgendwo in der geraden Linie A a liegen. Man denke sich ferner irgend einen von A auf den Spiegel schief fallenden Stral A x. Wenn dieser nach b zurückgeworfen wird, so scheint er von a zu kommen, und der scheinbare Ort des Punctes a hinter dem Spiegel liegt also da, wo der hinter den Spiegel verlängert gedachte zurückgeworfene Stral b x den senkrechten A a in a schneidet. Nun ist der Zurückstralungswinkel v gleich dem Einfallswinkel x; und da y = v, weil sie Verticalwinkel sind, so ist auch y = x. Da nun in den beiden rechtwinklichten Dreiecken A x c und a y c die Seite c x beiden gemein, und zwei Winkel gleich, nämlich y = x, und die rechten Winkel p = q, sind, so sind beide gleich, und c A = c a.

Eben dieses läßt sich bei jedem andern schief auffallenden Strale A i, A r, — beweisen, indem allemal der Einfallswinkel und Zurückstralungswinkel i = o, r = s, sind.

Es scheinen also alle vom Puncte A auf den Spiegel geworfenen Stralen A x, A i, A r, nachdem sie nach v b, o d, s e, zurückgeworfen worden, von einem Puncte a zu kommen, das so weit hinter dem Spiegel zu liegen scheint, als A davor liegt.

§. 548.

Dabei ist klar, daß der vom Puncte A auf den Spiegel fallende Stralenkegel A x s auf dem Spiegel

gel gleichsam abgebrochen und durch die Zurückstralung nach be fortgesetzt werde. Die Stralen behalten nach dem Zurückwerfen dieselbe Divergenz, welche sie in dem Auffallen auf den Spiegel hatten. Das in bde befindliche Auge sieht daher im Spiegel in a ein **scheinbares Bild** des Punctes A. Dieses findet bei jedem Puncte eines Gegenstandes auf gleiche Weise Statt. Ferner bleiben (Tab. VI. fig. 109.) die Stralen, welche parallel auf den Spiegel fallen, Av, Bo, auch nach der Zurückstralung in vm, om, (wegen der Gleichheit der Winkel, $x = y$, $r = s$,) parallel. Mithin sieht das Auge von jedem ganzen Gegenstande, von welchem der ebene Spiegel zurückgeworfene Stralen ins Auge sendet, ein **scheinbares Bild** ab, das dem Gegenstande gleich und ähnlich ist, in jedem seiner Theile so weit hinter dem Spiegel zu stehen scheinend, als jeder Theil des Gegenstandes, zu dem der Bildtheil gehört, vor dem Spiegel steht, und die scheinbaren Bilder mehrerer Gegenstände, von denen der Spiegel Stralen ins Auge sendet, in eben der Stellung gegen einander, in welcher die Gegenstände selbst vor dem Spiegel stehn.

Anwendung auf gewisse Erscheinungen in ebenen Spiegeln.

Wenn fig. 110. ein ebener Spiegel mn unter einem Winkel von 45° gegen die Horizontalebene geneigt ist, so erscheint ein liegender Gegenstand AB in demselben stehend ab ꝛc.

Ein

Ee

Ein ebener Spiegel, in welchem ein Mensch sich ganz sehen soll, darf nur halb so lang und breit seyn, als der Mensch.

§. 549.

Wenn die Stralen, die ein Spiegel von einem Gegenstande empfängt, und zurückwirft, wieder auf einen andern Spiegel fallen, so werden sie von diesem abermals zurückgeworfen.

Es seyn die vier ebenen Spiegel 1, 2, 3, 4, (Tab. VI. fig. 111.) alle unter einem Winkel von 45° gegen die Richtung a A geneigt, die Spiegelflächen von 1, 4, aufwärts, die von 2, 3, abwärts gewandt. Es falle von dem Puncte a Licht auf dem Spiegel 1, er wird es auf den 2, dieser auf den 3, dieser auf den 4 werfen, so daß das Auge in dem Spiegel 4 das Punct a, eigentlich das vierte scheinbare Bild desselben erblickt. Der Operngucker. Das Zauberperspectiv. Der Perspectivkasten. Die Winkelspiegel, welche das Bild eines Gegenstandes vervielfältigen. Die parallel gegen einander gestellten Spiegel, welche es bis ins unendliche vervielfältigen. Die Spiegelkästen und Spiegelzimmer.

§. 550.

Krumme Spiegel sind entweder hohl (*concava*) **oder convex. Beide können kuglicht, parabolisch, elliptisch, hyperbolisch, gekrümmt seyn. In der Betrachtung dieser Spiegel ist die Stelle jedes Einfallspuncts zu betrachten als eine unendlich kleine ebene Fläche und die Normallinie (der Krümmungshalbmesser) für diese Stelle als das Einfallsloth** (§. 540).

§. 551.

§. 551.

Ein kuglichter Hohlspiegel (Tab. V. fig. 92.) pq (*Speculum concavum sphaericum*) ist ein Abschnitt (Segmentum) einer Kugel, dessen innere Fläche spiegelt (§. 544). Der Halbmesser ca oder cb derjenigen (denkbaren) Kugel, zu welcher der Hohlspiegel gehört, heißt am schicklichsten auch der Halbmesser des Hohlspiegels; die Sehne pq seine Breite. Da jeder Halbmesser einer Kugel senkrecht auf der Kugelfläche steht, so ist an jeder Stelle des Spiegels der dazu gehörende Halbmesser das Einfallsloth (§. 540). Eine gerade Linie ca, welche in die Mitte a des Spiegels senkrecht geht, also in der Richtung des zu dieser Stelle gehörenden Halbmessers liegt, heißt seine Axe.

Der Bogen pq, welcher hier den Hohlspiegel vorstellen soll, ist ein Bogen eines größten Kreises der Kugel, zu welcher der Halbmesser gehört. Die gerade Linie pq, oder die Breite des Hohlspiegels, welche oft auch der Durchmesser desselben genannt wird, ist die Sehne eines solchen Bogens.

§. 552.

Ein in der Axe des Spiegels auf ihn fallender Stral ca wird in sich selbst zurückgeworfen (§. 539). Andere Stralen bd, eg, mh, ik, (Tab. VI. fig. 93.) welche parallel mit der Axe ac eines Hohlspiegels auf den Spiegel fallen, werden so zurückgeworfen, daß sie in und nahe bei einem

Puncte f der Axe vereinigt werden, welches man das **Brennpunct** (*Focus*) nennt. Da das Licht aller dieser Stralen in einen kleinen Raum vereinigt wird, so wird, wenn diese Stralen Sonnenstralen sind, in diesem Puncte und seiner Nähe eine sehr starke Helligkeit, und, wie im folgenden Kapitel weiter betrachtet wird, auch eine sehr starke Hitze hervorgebracht, welche das Brennen brennbarer Körper bewirkt, die in diesen Raum gebracht werden.

§. 553.

Die Entfernung af des Brennpuncts f von dem Spiegel (Tab. V. fig. 92.) heißt die **Brennweite** (*Distantia focalis*). Sie **ist dem halben Halbmesser gleich**, oder: sie ist um die Hälfte des Halbmessers ac vom Spiegel entfernt.

Man denke sich einen auf das Punct b des Spiegels fallenden Stral db, parallel mit der Axe ca. Da der Halbmesser cb das Einfallsloth für die Stelle b, also z der Einfallswinkel des Strals db ist, so wird der Stral db unter dem Winkel $v = z$ zurückgeworfen. Das Brennpunct f ist da, wo er den Axenstral schneidet.

Der Winkel $y = v + z$, als Wechselswinkel; aber auch $y = v + x$, da y äusserer Winkel des Dreiecks bcf ist; also

$$v + z = v + x$$

Nun ist auch $z = v$, als Einfalls- und Zurückstralungswinkel: durch Abziehung

$$\begin{array}{r} v + z = v + x \\ z = v \\ \hline v = x \end{array}$$

er-

erhält man v = x. Folglich ist das Dreieck bcf gleichschenklicht, bf = fc, und da bf = af, auch af = fc, mithin af die Hälfte von ac.

§. 554.

Da (Tab. V. fig. 92.) bf nur dann = af angenommen werden kann, wenn bf unendlich nahe an af gedacht wird, so gilt dieser Beweis nur von Stralen, welche unendlich nahe bei der Axe einfallen; man denke sich (fig. 94.) bd, eg, als solche. Andere Stralen, mh, ik, welche eine beträchtliche **Entfernung** von der Axe haben, werden näher nach a zu mit dem Axenstrale vereinigt, und das Punct ihrer Vereinigung liegt desto näher an a, je weiter sie von der Axe entfernt sind. Eben daher hat ein sphärischer Hohlspiegel, auch nur für ein stralendes Punct (der Sonne), eigentlich kein Brennpunct, sondern einen **Brennraum** (§. 562), welcher Länge längst der Axe hat.

Je mehr nämlich ein Stral bd (fig. 92.) von der Axe ca entfernt liegt, desto grösser wird der Einfallswinkel z; mithin desto grösser der Zurückstralungswinkel v; daher fällt das Punct desto mehr nach a zu, in welchem er mit der Axe zusammen kommt.

§. 555.

Dieser Unterschied hängt aber nicht von der Entfernung eines Strals von der Axe in **Längenmaaß**, sondern in **Graden** (eines größten Kreises der Kugel, zu welcher der Spiegel gehört) ab. Daher

her kommen die auf einen Hohlspiegel parallel mit seiner Axe fallenden Stralen dennoch alle sehr nahe am Brennpuncte zusammen, wenn der Bogen p q nur wenige Grade fasset, obwohl die Breite des Spiegels mehrere Fusse beträgt.

§. 556.

Eben so werden auch andere Stralen, welche parallel auf den Hohlspiegel fallen, aber nicht parallel mit der Axe gehen (Tab. V. fig. 95.), nahe um ein Punct f vereinigt, welches in der Gegend des Brennpuncts liegt; dieses liegt aber dann nicht in der Axe, sondern auf der andern Seite der Axe, welche der, von welcher die Stralen kommen, entgegen gesetzt ist: also über dem Brennpuncte, wenn die Stralen, schräg von unten kommen, unter dem Brennpuncte, wenn sie schräg von oben kommen u. s. w.

§. 557.

Stralen fd, fh, fk, fg, welche aus dem Brennpuncte f (fig. 93.) auf einen sphärischen Hohlspiegel fallen, werden von demselben so zurückgeworfen, daß sie mit der Axe parallel db, hm, ki, ge, werden.

§. 558.

Folglich müssen Stralen xb, xe (Tab. V. fig. 96.), welche von einem Puncte der Axe x auf den Spiegel fallen, das dem Spiegel näher liegt, als das Brennpunct f (fig. 93.), nach der Zurück-

rück-

rückstralung aus einander fahren (divergiren); Stralen, xb, xe (fig. 97.) welche von einem Puncte x auf den Spiegel fallen, das zwischen dem Mittelpuncte c und dem Brennpuncte f liegt, nach der Zurückstralung so zusammenfahren (convergiren), daß sie sich in ein Punct y jenseits des Mittelpuncts vereinigen; Stralen yb, ye, welche von einem Puncte y jenseits des Mittelpuncts auf den Spiegel fallen, müssen so zusammenfahren, daß sie sich in ein Punct x vereinigen, walches zwischen dem Brennpuncte und dem Mittelpuncte liegt.

§. 559.

Stralen, welche aus dem Mittelpuncte c selbst auf den Spiegel fallen, werden, als senkrecht auf der Spiegelfläche (§. 551), in sich selbst zurückgeworfen (§. 541).

§. 560.

Es ist daraus klar, wie die sphärischen Hohlspiegel Bilder von Gegenständen darstellen.

Erster Fall (Tab. V. fig. 98.). Der **Gegenstand** AB liegt dem Spiegel **näher als das Brennpunct.**

Der senkrechte Stral Ar von A fällt in sich selbst zurück. Jeder schiefe Am von A, unter dem Winkel v auffallend, wird unter dem Winkel x = v nach p zurückgeworfen. Die von A auf den Spiegel fallenden Stralen kommen also durch die Zurückstralung so ins Auge, als ob sie vom Puncte a

hinter

hinter dem Spiegel kämen. Der senkrechte Stral Bs von B fällt in sich selbst zurück. Jeder schiefe Bn von B, unter dem Winkel y auffallend, wird unter dem Winkel z = y zurückgeworfen. Die von B auf den Spiegel fallenden Stralen kommen also durch die Zurückstralung so ins Auge, als ob sie vom Puncte b hinter dem Spiegel kämen. Auf gleiche Weise läßt es sich von allen Puncten zeigen, welche zwischen A und B fallen.

Es erscheint also in diesem Falle, wie beim ebenen Spiegel, ein **scheinbares Bild hinter dem Spiegel, in eben der Stellung, als der Gegenstand**; aber, da die senkrechten Stralen CA und CB, zwischen welche das Bild fallen muß, von AB nach ab divergiren, so erscheint es **größer**, als der Gegenstand.

Je näher der Gegenstand dem Spiegel rückt, desto weniger divergiren die Stralen CA und CB, desto kleiner erscheint also das Bild. Da aber die Stralen Aa und Am desto mehr divergiren, je näher der Punct A dem Spiegel rückt, so werden dadurch die Winkel v und x grösser; das Punct a (in welchem Ca von pa geschnitten wird) und so das ganze Bild schrint also dem Spiegel näher zu liegen.

Wegen der concaven Krümmung der Spiegelfläche divergiren Stralen, welche divergirend auf sie fallen, nach der Zurückstralung weniger, und die Minderung der Divergenz ist desto beträchtlicher, je grösser die Divergenz selbst ist. Daher erhält das Bild eine gewisse Verzerrung, so daß die Theile desselben, welche entferner von

der

der Augenaxe liegen, grösser erscheinen, als die, welche nahe darneben liegen.

Zweiter Fall (fig. 99.). **Der Gegenstand AB liegt zwischen dem Brennpuncte f und dem Mittelpuncte c.**

Der vom Puncte A, welches wir über der der Axe des Spiegels annehmen, senkrecht auf den Spiegel fallende Stral A d fällt in sich selbst zurück. Jeder davon schief auffallende A m wird unter dem Winkel x = v zurückgeworfen, und schneidet den senkrechten Stral in a. Es entsteht also ein wirkliches Bild des Punctes A unter der Axe in a. Eben so entsteht ein wirkliches Bild des unter der Axe liegenden Punctes B über der Axe in b. Auf gleiche Weise läßt es sich von allen Puncten zeigen, welche zwischen A und B fallen.

Es erscheint also in diesem Falle **ein wirkliches Bild vor dem Spiegel (Luftbild), verkehrt.** Es erscheint grösser, als der Gegenstand, weil in den ähnlichen Dreiecken c a b und C A B, (vermöge der schiefen Stellung der Linie A a gegen den halbirten Winkel m) C a allemal grösser ist, als C A.

Je näher der Gegenstand dem Brennpunct f liegt, desto grösser wird die Entfernung des Bildes und desto grösser das Bild; denn desto mehr nähert sich die Convergenz der Stralen m a und d a der parallelen Richtung, desto länger hat also m a zu laufen, ehe er mit d a zusammen kommt; eben so bei n b und e b,

wo-

wodurch der Abstand der Gränzen des Bildes a und b und seine Entfernung grösser wird.

Dritter Fall. Wenn der Gegenstand **im Brennpuncte f** selbst (fig. 100.) (d. h. um das Brennpunct herum senkrecht gegen die Axe gestellt) liegt, so werden die Stralen vom Puncte A parallel zurückgeworfen, die vom Puncte B ebenfalls parallel zurückgeworfen u. s. w. Es entsteht also **gar kein Bild**; und wenn der Gegenstand sehr nahe am Brennpuncte (doch zwischen Brennpunct und Mittelpunct) liegt, so entsteht ein sehr großes Bild in einer sehr großen Entfernung.

Vierter Fall. Der Gegenstand liegt (fig. 99.) **jenseit des Mittelpuncts** in a b.

Die umgekehrte Demonstration des zweiten Falles zeigt, daß ein **wirkliches** und zwar ein gegen den Gegenstand **verkehrtes Bild** desselben **zwischen das Mittelpunct** c und das Brennpunct f falle. Es ist **kleiner** als der Gegenstand. Je weiter der Gegenstand vom Spiegel entfernt liegt, desto näher tritt das Bild dem Brennpuncte und desto kleiner wird es.

Fünfter Fall. Der Gegenstand a b liegt (fig. 101.) **im Mittelpuncte**, d. h. um denselben herum senkrecht gegen die Axe.

Ein jeder Stral vom Puncte a über der Axe wird in das Punct b unter der Axe zurückgeworfen; ein jeder Stral vom Puncte b unter der Axe

wird

wird in das Punct a über der Axe zurückgeworfen u. s. w.

So entsteht ein wirkliches **Bild**, das im Ganzen ebenfalls **im Mittelpuncte** liegt, dem Gegenstande gleich ist, aber **verkehrt** gegen denselben steht.

§. 561.

So wie nicht alle parallel auf den sphärischen Hohlspiegel fallenden Stralen genau in das Brennpunct zurückgeworfen werden, sondern nur die, welche unendlich nahe bei der Axe einfallen (§. 554), so findet dasselbe bei den von einem Puncte eines Gegenstandes kommenden divergirend auf den Spiegel fallenden Stralen Statt. Daher giebt ein sphärischer Hohlspiegel eigentlich mehrere Bilder, hinter einander, deren eines im Brennpuncte selbst liegt, die andern näher nach dem Spiegel zu liegen, und daraus entsteht die **Abweichung** (oder **Undeutlichkeit**) **der katoptrischen Bilder von der Gestalt der Spiegel.**

Man kann daher nur solche sphärische Hohlspiegel zu optischen Werkzeugen gebrauchen, deren Durchschnittsbogen wenige Grade fasset: bei denen, welcher Bogen mehrere fasset, muß der gegen den Rand liegende Theil der innern Oberfläche mit einer Bedeckung (Blendung) belegt werden, damit er keine Stralen zurückwerfe.

§. 562.

Wenn ein sphärischer Hohlspiegel so gegen die Sonne gekehrt wird, daß die Sonnenstralen parallel

kel mit seiner Axe auf ihn fallen, so entsteht, indem dann der vierte Fall (§. 560) eintritt, ein kreisrundes Bild der Sonne. Da wegen der großen Entfernung der Sonne die von jedem ihrer Puncte auf den Spiegel fallenden Stralen als parallel anzusehen sind (§. 491), so fällt dieses Bild in das Brennpunct (§. 552), d. h. so, daß das Brennpunct des Spiegels Mittelpunct des Bildes wird. Für die übrigen entfernter von der Axe auffallenden Stralen entstehen aber andere Sonnenbilder, näher nach dem Spiegel zu (§. 554), und so eine zusammenhängende Reihe von Sonnenbildern. Daher entsteht ein **Brennraum**, welcher Länge (Ebend.), und wegen der Breite und Höhe jedes Sonnenbilds, auch Breite und Höhe hat.

§. 563.

Ein **parabolischer Hohlspiegel** ist ein solcher, dessen hohle Fläche ein Abschnitt der Oberfläche eines Paraboloids ist (d. i. eines Körpers, welcher durch die Umdrehung einer Parabel um ihre Axe beschrieben wird). Ein solcher wirft die parallel mit seiner Axe auf ihn fallenden Stralen so zurück, daß sie alle genau in ein einziges Brennpunct vereinigt werden.

Wenn die Parabel pmanq (Tab. VII. fig. 117.) sich um ihre Axe ab dreht, so wird ein Paraboloid beschrieben.

Die höhere Geometrie zeigt, daß es in der Axe der Parabel ein Punct f giebt, aus welchem eine gerade Linie

fm

fm zu irgend einem Puncte in der Parabel gezogen, mit der Parabel einen Winkel x macht, der dem Winkel y gleich ist, welchen eine auf dasselbe Punct der Parabel mit der Axe parallel gezogene gerade Linie mit der Parabel macht. Die Entfernung dieses Puncts af vom Scheitelpunct a der Parabel ist = $\frac{1}{4}$ rs (des Parameters). Nun kann man sich durch jedes Punct auf der innern Fläche des parabolischen Hohlspiegels und die Axe desselben eine Parabel als Durchschnitt denken. Daher müssen, vermöge der Gleichheit des Einfalls- und Zurückstralungswinkels (§. 541) alle (sie mögen nahe bei der Axe oder weit davon entlegen seyn) parallel mit der Axe ab auf die innere Fläche des parabolischen Hohlspiegels fallende Stralen dm, en, fp, gq, in das Punct f der Axe zurückgeworfen werden, welches um den vierten Theil des Parameters vom Scheitelpunct der Parabel absteht. Dieses heißt (§. 552) das Brennpunct der Parabel.

§. 564.

Da nun dieses auf gleiche Weise bei den aus einem Puncte der Axe divergirend auf einen solchen Spiegel fallenden Stralen Statt findet, so werden auch diese alle genau in ein Punct der Axe zurückgeworfen. Daher fällt bei einem solchen Spiegel jene Undeutlichkeit der Bilder (§. 561) weg, und es erhellet daraus der große Vorzug, welchen die parabolischen Hohlspiegel vor den sphärischen haben.

Grosse Schwierigkeit, parabolische Hohlspiegel genau zu schleifen. Herschel's und Schröters Teleskope mit parabolischen Spiegeln. Voigt's Mag. für das Neueste aus der Physik. V. 4. S. 72.

§. 565.

Ein kuglichter convexer Spiegel (*Speculum convexum sphaericum*) ist ein Abschnitt (Segmentum) einer Kugel, dessen äussere Fläche spiegelt (§. 544). Jene Namen (§. 551) haben hier dieselbe Bedeutung.

§. 566.

Stralen ad, be (Tab. VII. fig. 118.), welche auf einen solchen Spiegel mn parallel mit der Axe cg fallen, werden so nach dp, eq zurückgeworfen, als ob sie von einem Puncte der Axe f kämen, welches um die Hälfte des Halbmessers ch von der Spiegelfläche entfernt läge. Dieses Punct heißt das **Zerstreuungspunct**, oder auch das **negative Brennpunct**, und die scheinbare Entfernung fh vom Spiegel die **Zerstreuungsweite** oder **negative Brennweite**.

Die Demonstration des §. 553. wird auch hier mit Umkehrung der Figur angewandt.

§. 567.

Ein solcher Spiegel mn (Tab. VII. fig. 119.) giebt daher von einem Gegenstande AB, von welchem Stralen auf ihn fallen, ein **scheinbares Bild** ab, **hinter dem Spiegel in der Stellung des Gegenstandes, und kleiner, als der Gegenstand.**

Der senkrechte Stral Ac vom Puncte A wird in sich selbst zurückgeworfen; der schiefe Ad unter dem Winkel v = x nach dp. Diese Stralen kommen also durch die

die Zurückstralung so ins Auge, als ob sie vom Puncte a hinter dem Spiegel kämen. Der senkrechte Stral B c vom Puncte B wird in sich selbst zurückgeworfen; der schiefe B e unter dem Winkel z = y nach e q. Diese Stralen kommen also durch die Zurückstralung so ins Auge, als ob sie vom Puncte b hinter dem Spiegel kämen. Eben so werden verhältnißmäßig die Stralen von den Puncten des Gegenstandes zwischen A und B zurückgeworfen, so daß sie ins Auge gelangen, als ob sie von Puncten zwischen a und b hinter dem Spiegel kämen. Auf diese Weise entsteht ein scheinbares Bild (§. 520) des Gegenstandes hinter dem Spiegel, in der Stellung des Gegenstandes. Da die Gränzpuncte a und b desselben zwischen die senkrechten Stralen A C und B C fallen müssen, welche nach dem Spiegel zu convergiren, so muß dieses Bild immer kleiner erscheinen als der Gegenstand.

Je näher das Punct A dem Spiegel liegt, desto grösser wird der Winkel x, desto grösser also auch der Winkel v. Daher fällt das Punct, in welchem die Linie p a die Linie A C schneidet, näher an den Spiegel. Eben so mit den übrigen Puncten. Daher erscheint das Bild desto näher hinter dem Spiegel und desto grösser, je näher der Gegenstand dem Spiegel liegt.

Wegen der convexen Krümmung der Spiegelfläche wird bei dem convexen sphärischen Spiegel die Divergenz divergirender Stralen noch vermehrt, und diese Vermehrung ist desto beträchtlicher, je grösser die Divergenz selbst ist. Daher erhält das Bild eine gewisse Verzerrung, so daß die Theile desselben, welche entfernter von der Augenaxe liegen, kleiner erscheinen, als die, welche nahe darneben liegen.

§. 568.

§. 568.

Ein **kylindrischer** Spiegel wirkt auf die Darstellung der Dimension des Gegenstandes, welche mit seiner Axe parallel läuft, (und die wir die **Länge** nennen wollen,) wie ein ebener; auf die Darstellung der Dimension, welche seine Axe rechtwinklicht durchschneidet, (und die wir die **Breite** nennen wollen,) wie ein kuglichter. Ein **convexer** Spiegel dieser Art stellt daher die Gegenstände in den **scheinbaren** Bildern, die er macht, der Länge nach in gleicher Größe, der Breite nach kleiner vor.

Katoptrische Anamorphosen für kylindrische convexe Spiegel sind Zeichnungen von Gegenständen, deren Breite übermäßig groß gegen die Länge ist ꝛc.

§. 569.

Eben das gilt von einem **konischen** Spiegel. Der **convexe** konische verkleinert aber die Breite der Gegenstände nach seiner Spitze zu mehr, als nach der Grundfläche zu.

Katoptrische Anamorphosen für konische convexe Spiegel sind ebenfalls Zeichnungen von Gegenständen, deren Breite übermäßig groß gegen die Länge, und in verschiedenem Verhältniß grösser, nämlich an den Theilen grösser ist, von denen die Stralen durch den schmälern Theil der Kegelfläche ins Auge geworfen werden. Bei beiden Arten von convexen Spiegeln muß, wenn die Zeichnungen liegen, also mit der Axe des stehenden Spiegels einen rechten Winkel machen, schon deswegen die Breite der vom Spiegel entfernter liegenden Theile ver-

vergrössert werden, weil ihr Bild im Spiegel entfernter, also mit gleicher Breite schmaler, erscheint.

Jac. Leupold *anamorphosis mechanica nova*. Lips. 1714. 4.

§. 570.

Es ist aus allen diesen Bestimmungen klar, daß nur Spiegel Bilder der Gegenstände zeigen können, welche Licht auf sie werfen; rauhe Flächen hingegen vermöge des Lichts, das sie ins Auge senden, nur sich selbst zeigen. Zur Erscheinung eines Bildes wird erfordert, daß die Lichtstralen in eben der Ordnung ins Auge gelangen, als ob sie vom Gegenstande selbst kämen (§. 519). Daher kann eine Licht zurückwerfende Fläche nur dann Bilder zeigen, wenn aus je **einem** Puncte derselben nur solches Licht ins Auge geworfen wird, das von **einem** Puncte des Gegenstandes kommt. Dieses geschieht bei **glatten** Flächen, welche (abgesehen von ihrer Unvollkommenheit) bei ebenen Spiegeln anzusehen sind, als ob sie aus Theilchen beständen, welche alle in einer Ebene liegen, und bei krummen Spiegeln anzusehen sind, als ob sie aus unendlich kleinen Ebenen beständen, deren jede von ihrer benachbarten nur unmerklich abweicht, und durch deren Folge die Abweichung stetig fortgeht. Daher wirft jedes Punct einer solchen Fläche nur Stralen von **einem** Puncte des Gegenstandes ins Auge, das zunächst darneben liegende nur Stralen von dem zunächst darneben liegenden rc.; die Stralen

gelangen also in eben der Ordnung ins Auge, als ob sie von dem Puncte des Gegenstandes selbst kämen, und indem dieses mit allen Puncten eines Gegenstandes geschieht, so erleidet das Auge durch die Zurückwerfung des Spiegels eben die Wirkung, als ob es den Gegenstand selbst sähe.

§. 571.

Rauhe Flächen hingegen sind anzusehen, als beständen sie aus sehr kleinen Ebenen, in verschiedenen Lagen, so daß jede von ihrer benachbarten merklich abweicht, und in deren Folge die Abweichung in verschiedenen Graden ab- und zunimmt. Wenn also auf ein Theilchen einer rauhen Fläche Stralen von verschiedenen Puncten eines Gegenstandes fallen, so findet einer und der andere dieser Stralen in diesem Theilchen eine gewisse Ebene, die ihn in eben das Auge sendet, in welches eine andere Ebene eben dieses Theilchens einen Stral von einem andern Puncte bringt. Mithin erhält das Auge von einerlei Theilchen der rauhen Fläche Licht aus verschiedenen Puncten eines Gegenstandes zugleich: es entsteht daher kein Bild, sondern das Auge sieht nur den zurückwerfenden Körper selbst, vermöge des Lichts, das derselbe zurückwirft.

§. 572.

Auch die Spiegel werden einigermaassen selbst sichtbar, in so fern sie doch nicht vollkommen glatt sind. Auch zeigt ein von der Sonne oder einem andern

andern leuchtenden Körper erleuchteter Spiegel sich nach der Seite hin dunkel, nach welcher er die empfangenen Stralen nicht zurückwirft, und desto dunkler, je vollkommener er glatt ist.

§. 573.

Und die besten Spiegel werfen, weil sie einiges Licht in sich aufnehmen und zur Wärme machen, (§. 538), nicht alles Licht zurück. Daher haben die Bilder, welche Spiegel geben, niemals ganz die Erleuchtung, welche der Gegenstand hat.

Nach Graf Rumford's Versuchen war bei dem besten Ramsdenschen gläsernen Planspiegel der Lichtverlust 0,3494 des ganzen darauf fallenden Lichts; bei einem gemeinen gläsernen Spiegel 0,4816 (a. a. O. S. 47).

§. 574.

Auch durchsichtige Körper können Spiegel werden, wenn hinter ihnen undurchsichtige Körper oder durchsichtige nur so liegen, daß kein Licht von hinten durch sie ins Auge fallen kann.

So wird das Glas selbst ein Spiegel durch die Belegung mit Amalgama (§. 546); Wasser in einem Behälter eingeschlossen, dessen Boden und Wände undurchsichtig sind; Fensterscheiben eines Zimmers, das nur an einer Seite durch diese Fenster Licht empfängt ꝛc.

§. 575.

Ausserdem kann ein durchsichtiger Körper auch ohne diese Bedingungen wie ein Spiegel wirken, wenn Lichtstralen zu schief auf seine Oberfläche fallen. (S. unten §. 583).

Brechung des Lichts.

§. 576.

Wenn das Licht aus einem Mittel (§. 488) in ein anderes übergeht, und die Dichtigkeit beider Mittel verschieden ist, so werden die Stralen **gebrochen** (*refranguntur*), d. h. von ihrer vorigen Richtung abgelenkt. Derjenige Theil der Optik, welcher dieses insbesondere untersucht, wird **Dioptrik** genannt. Um das Gesetz dieser **Brechung des Lichts** (*Refractio* lucis, Ἀνάκλασις) zu bestimmen, denke man sich (Tab. IV. fig. 81. 82.) eine ebene Fläche g h (welche in der Zeichnung nur durch eine gerade Linie bestimmt werden kann), als **brechende Fläche** (*Planum refrangens*), d. h. als Gränze zwischen dem einen Mittel und dem anderen, unter A a einen **einfallenden Stral** (*Radius incidens*), unter c e den davon entstehenden **gebrochenen Stral** (*Radius refractus*), unter f m das **Einfallsloth** (*Cathetus incidentiae*), d. h. eine gerade Linie, welche durch das **Einfallspunct** (*Punctum* incidentiae) c der brechenden Fläche gehend auf dieser Fläche senkrecht steht.

§. 577.

Das Einfallsloth f m bestimmt mit dem einfallenden Strale A a durch die Puncte A, f, c, die **Brechungsebene** (*Planum refractionis*). In dieser macht der einfallende Stral mit dem Einfallslothe

lothe den **Einfallswinkel** (*Angulus* incidentiae) bca; der gebrochene mit dem Einfallslothe den **gebrochenen Winkel** (*Angulus* refractus) bce. Der Unterschied beider eoa heißt der **Brechungswinkel** (*Angulus* refractionis).

§. 578.

Wenn das Licht (fig. 81.) aus einem **minder dichten** Mittel L (z. E. Luft) in ein **dichteres** G (z. E. Glas) tritt, so werden die Stralen **zum Einfallslothe hingelenkt**; der gebrochene Winkel bce ist **kleiner**, als der Einfallswinkel bca.

§. 579.

Wenn hingegen das Licht (fig. 82.) aus einem **dichteren** Mittel G in ein **minder dichtes** L tritt, so werden die Stralen **vom Einfallslothe abgelenkt**; der gebrochene Winkel bce ist **größer**, als der Einfallswinkel bca.

§. 580.

Der gebrochene Stral liegt mit dem einfallenden nothwendig in einerlei Ebene, nämlich in der Brechungsebene (§. 571).

§. 581.

Dabei hat bei jeder Art der bisher untersuchten Mittel für einerlei Paar (fig. 83.) der **gebrochene Sinus** de (d. h. der Sinus des gebrochenen Winkels dce) ein ganz bestimmtes Verhältniß zum **Einfalls-Sinus** ba = AB (d. h. zum Sinus

nus des Einfallswinkels) bca = BcA, ein Stral mag unter einem grösseren oder kleineren Winkel einfallen.

Schon Kepler, Kircher rc. hatten Versuche über die Brechung der Lichtstralen angestellt. Dieses Gesetz aber entdeckte Willebrord Snellius, Prof. der Mechanik zu Leiden († 1626), eigentlich für die Cosecanten; des Cartes hat es, wahrscheinlich Snellius's Entdekkung benutzend, für die Sinus selbst, (welche im umgekehrten Verhältniß der Cosecanten stehen,) bestimmt. Newton, Musschenbroek, Euler rc. haben dann nachdem über die verschiedene Stärke der Brechung in verschiedenen Mitteln genauere Versuche angestellt, um für jedes derselben das Verhältniß zu bestimmen.

Kepler's anaklastisches Werkzeug, die Brechung bei dem Uebergange aus Luft in Glas zu finden, besteht in einem gläsernen Würfel, dessen Durchschnitt das Quadrat abcd (Tab. IV. fig. 87.) vorstellt. Man lege ihn horizontal auf eine weisse Fläche, stelle hinter ihm eine hölzerne oder metallene Platte auf, welche etwas länger ist, als der Würfel, deren Durchschnitt das Rectangel padq vorstellt, und beide so gegen die Sonne, daß die Seitenlinien des Schattens mit den Seiten des Würfels parallel laufen. Man bemerke auf der weissen Fläche die Länge des Schattens da in der Luft, und darneben die Länge des Schattens de in dem Würfel. Der letzte Sonnenstral sa, welcher in der Luft auf a fällt, wird vermöge der Brechung im Glase nach e gelenkt, daher muß der Schatten im Glase kürzer werden, als der in der Luft; die Längen de : da bestimmen das Verhältniß des Sinus des gebrochenen Winkels zu dem des Einfallswinkels.

Der

Der Einfallssinus verhält sich zum gebrochenen Sinus, wenn der Stral aus einem der folgenden durchsichtigen Mittel in (atmosphärische) Luft geht,

bei gemeinem Glase	1,000 : 1,530
Flintglase	—— : 1,583
Bergkrystall	—— : 1,575
isländ. Krystall	—— : 1,625
Frauenglase	—— : 1,487
Alaun	—— : 1,458
Steinsalze	—— : 1,545
Demant	—— : 2,755
destill. Wasser von 14° R.	—— : 1,333
rectif. Weingeist	—— : 1,378
gesätt. Kochsalzauflösung	—— : 1,375
—— Salmiakauflösung	—— : 1,382
—— Baumöl	—— : 1,466
—— Leinöl	—— : 1,481
—— Terpentinöl	—— : 1,470

Bei dem Uebergange aus Luft in eines dieser Mittel ist das Verhältniß das umgekehrte.

Man nennt jedes solche Verhältniß im Vortrage zur Abkürzung die **Brechung**, und nimmt dabei die mittlere **Brechung**, d. h. die, welche zwischen der Brechung der rothen Stralen, die am wenigsten, und der violetten, die am meisten gebrochen werden, in der Mitte liegt.

Wo es nicht auf die genaueste Bestimmung ankommt, setzt man das Verhältniß bei

Glas : Luft = 2 : 3
Wasser : Luft = 3 : 4

§. 582.

Da bei dem senkrecht einfallenden Strale der Einfallswinkel Null ist, so muß auch der gebrochene Win-

Winkel Null seyn. D. h. der senkrecht einfallende Stral geht ungebrochen durch, er mag aus einem dichteren Mittel in ein minder dichtes treten, oder umgekehrt.

§. 582. b.

Je weniger ein schiefer Stral von der senkrechten Richtung abweicht, desto weniger wird er gebrochen; je schiefer er aber auffällt, desto mehr wird er gebrochen. Da nämlich Einfallssinus und gebrochener Sinus mit einander in einem beständigen Verhältnisse stehen, so nimmt dieser mit jenem zu, also mit jenem auch die Größe der Abweichung zu.

§. 583.

Wenn (Tab. IV. fig. 84.) ein Stral A a aus einem dichteren Mittel G in ein minder dichtes L tretend so sehr schief (unter einem so großen Einfallswinkel Acf = acm) auf die brechende Fläche fällt, daß, wenn er gebrochen würde, nach dem Gesetz der Brechung der Sinus cn des gebrochenen Winkels größer werden müßte, als der Sinus totus ch, welches unmöglich ist, so erfolgt gar keine Brechung, sondern die **Brechung verwandelt sich in Zurückstralung**: der Stral Ac wird nach dem Gesetz der Zurückstralung nach cd zurückgeworfen, so daß der Winkel dcf = Acf.

§. 584.

Der Grund der Brechung des Lichtes wird sich aus der dynamischen Ansicht der Materie (§. 120) und

und des Lichtes (§. 511) nachweisen lassen. Die durchsichtigen Körper lassen das Licht durch sich durch, d. h. sie gestatten die Fortsetzung seiner Verbreitung in geraden Linien (§. 513). Je dichter sie sind, je stärker also die anziehende Kraft in ihnen wirkt (§. 122), desto mehr Anziehung haben sie zum Lichte, vermöge des Bestrebens der beiden Grundkräfte, sich mit einander zu vereinigen, und sich mit einander ins Gleichgewicht zu setzen. Diese Anziehung wirkt aus den Körpern selbst, wie bei dem Magnetismus und der Elektricität, in einiger Entfernung auf den umgebenden Raum, und lenkt das Licht sowohl bei dem Eingange aus einem lockeren Körper in einen dichteren, als bei dem Ausgange aus einem dichteren in einen lockeren von seinem Wege gerade so ab, wie es das Gesetz der Brechung bestimmt.

Man denke sich unter w w w w (Tab. VII. fig. 120.) eine Wasserschicht durch ebene Flächen begränzt, über und unter ihr Luft. Die Kraft, mit welcher der schiefe Stral a b auf die brechende Fläche w w wirkt, läßt sich in eine senkrecht wirkende a d und eine parallel mit der Fläche wirkende a c zerlegen. Auf die Geschwindigkeit a c des parallel wirkenden Theils kann die Anziehung keinen Einfluß haben; aber die Geschwindigkeit des senkrechten Theils a d = b c wird schon in der Annäherung durch den Raum d f w w (welcher hier nur der Demonstration wegen viel zu breit vorgestellt ist), allmälig vermehrt werden, je näher er kommt, desto mehr (§. 128. b); so daß der Lichtstral (d. h. die Bewegung der Luftheilchen, durch welche das Licht sich verbreitet) eine

eine Curve beschreibt, deren Richtung sich immer mehr der senkrechten annähert, je näher er der brechenden Fläche kommt, und endlich in die Richtung x y über- geht. Diese bleibt dann auf dem ganzen Wege durch das Wasser dasselbe.

Hingegen wirkt bei dem Ausgange des Lichts aus Wasser in Luft die stärkere Anziehung der anziehenden Kraft zum Lichte auf den gegen die untere brechende Fläche w w senkrecht gerichteten Theil i n verzögernd, und mindert seine Geschwindigkeit, weil dieser von der Fläche w w abstrebt; da dieses schon in dem Raume w w g h allmälig weniger geschieht, so beschreibt der Stral x y von y aus die Curve y i, bis er endlich in die Richtung i k gelangt, in welcher er beharret, nachdem er sich weit genug von dem Wasser entfernt hat, um von der Anziehung desselben nicht mehr zu leiden.

§. 585.

Freilich steht nun die Stärke der Brechung, welche das Licht in den verschiedenen durchsichtigen Körpern bei dem Uebergange aus minder dichten Körpern in dichtere erleidet, nicht durchgängig im Verhältnisse mit ihrer Dichtigkeit. Allein es besteht auch, wie die Betrachtung der Verschiedenheit in der Materie mit mehrerem zeigen wird, die vielfache Verschiedenheit der Materie bei weitem nicht bloß in ihrer verschiedenen Dichtigkeit: und es kann die Modification der Materie in einigen Stoffen so beschaffen seyn, daß sie das Licht mehr anziehen, als andere, wenn sie gleich nicht dichter sind, als diese.

§. 586.

Insbesondere haben die sorgfältigen über den verschiedenen Grad der Brechung in durchsichtigen Körpern angestellten Versuche gelehrt, daß die brennbaren Stoffe das Licht viel stärker brechen, als sie vermöge ihrer Dichtigkeit thun würden, wenn der Grad der Brechung bloß von der Dichtigkeit abhienge. Allein eben diese stehen auch in einer ganz besonderen Beziehung zu dem Lichte, wie aus eben dieser Betrachtung erhellen wird.

§. 587.

Aus dem allgemeinen Gesetze der Brechung folgt, daß bei ebenen brechenden Flächen 1) schief einfallende parallele Stralen, sie mögen aus einem minder dichten Mittel in ein dichteres gehen, oder umgekehrt, auch nach der Brechung parallel bleiben, 2) divergirende Stralen, aus einem minder dichten Mittel in ein dichteres tretend, weniger divergiren, 3) convergirende Stralen, aus einem minder dichten Mittel in ein dichteres tretend, weniger convergiren, 4) divergirende Stralen aus einem dichteren Mittel in ein minder dichtes tretend, mehr divergiren, 5) convergirende Stralen, aus einem dichteren Mittel in ein minder dichtes tretend, mehr convergiren.

§. 588.

Parallele Stralen, welche aus Luft in Glas, und aus Glas wieder in Luft fahren, bleiben nach

dem Durchgange durch das Glas parallel. Und wenn die beiden brechenden **Flächen** des Glases eben und einander **parallel** sind, so sind auch **die ausfahrenden den einfahrenden** parallel.

§. 589.

Aus der Kenntniß der Brechung erklären sich mancherlei Erscheinungen, bei denen Gegenstände an einem anderen **Orte** zu liegen **scheinen**, als an welchem sie wirklich **sind**.

Im **Wasser** liegende Körper scheinen dem aus der Luft auf den Wasserspiegel schauenden Auge **höher** zu liegen.

Ein halb im Wasser, halb in der Luft, schräg gegen den Wasserspiegel liegender Stab **scheint gebrochen**.

Scheinbare Aenderung des Orts eines Gegenstands, der durch ein gläsernes **Prisma** angeschauet wird.

Scheinbare Vervielfältigung eines Gegenstandes, der durch ein **polyedrisches** Glas (**Rautenglas**) angeschaut wird.

Dioptrische Anamorphosen: Zeichnungen einzelner Theile, welche durch ein pyramidalisch geschliffenes Glas in ein Ganzes vereinigt erscheinen. **Joh. Georg Leutmann's** Anm. vom Glasschleifen. Wittenberg 1728. 8. S. 96.

Die **scheinbare Verdopplung eines Gegenstandes**, welcher durch einen rhomboidalischen Kalkspath (**isländischen Krystall, Doppelspath**) angeschaut wird. **Hauy** über die dopp. Brechung des durchsichtigen Kalkspaths in **Gren's** neuem Journal der Physik. II. S. 403.

Die **astronomische Stralenbrechung**, vermöge deren die Gestirne **höher** erscheinen, als sie wirklich stehen.

Die

Die Erscheinungen, welche entstehen, wenn Lichtstralen schief durch Luftschichten von ungleicher Erwärmung und daher ungleicher Dichtigkeit, oder auch nur von ungleicher Höhe und daher ungleicher Dichtigkeit, gehend ins Auge gelangen. Die sogenannte *Fata Morgana.* Des P. Minasi Beschreibung in Gilbert's Annalen der Physik. XII. 1. S. 20. Büsch *tract. duo optici argumenti.* Hamb. 1783. 4. Tob. Gruber über die Stralenbrechung und Abprallung von erwärmten Flächen. Dresd. 1787. 4. Deff. Theorie der mit Spieglung verbundnen Senkung und Hebung der Objecte am Horizont, in Gilbert's Annalen der Physik. III. 4. S. 439. Reinhard Woltmann über die Brechung der Lichtstralen, welche nahe über der Erdfläche hinfahren, in Gilbert's Annalen der Physik. III. 4. S. 397. Gioverni's Beob. ebend. XII. 1. S. 1. H. W. Brandes ebend. XVII. 2. S. 129. Castberg ebend. XVII. 2. S. 183. Kries über Luftspiegelung ebend. XXIII. 4. S. 365. Brandes krit. Bemerkungen ebend. S. 380. Wollaston's — ebend. S. 394.

§. 590.

Wie das für ebene Flächen bestimmte Gesetz der Brechung sich auf **krumme Flächen** anwenden lasse, soll hier nur für Glas, das mit Luft umgeben ist, und für Glas mit sphärisch gekrümmten Oberflächen gezeigt werden, so daß wir betrachten, wie der Gang der Lichtstralen geändert wird, wenn sie durch ein solches **von Luft umgebenes Glas**, also aus Luft in Glas, und aus Glas wieder in Luft gehen.

§. 591.

§. 591.

Bei den sphärischen Flächen ist an jedem Einfallspuncte der Halbmesser für dieses Punct das Einfallsloth, und die Stelle des Einfallspuncts als eine unendlich kleine ebene Fläche zu betrachten.

§. 591.b.

Erhabene Gläser, oder convexe Gläser, welche oft auch Linsengläser heissen, wollen wir solche nennen, welche in der Mitte dicker sind, als nach dem Rande zu. Sie können seyn

1) Convexconvexe (Tab. VI. fig. 112.), d. h. solche, deren beide Flächen convexe Abschnitte von Kugeln sind. Die eine der beiden Flächen kann zu einer Kugel von größerem Halbmesser gehören, also flacher seyn, die andern zu einer Kugel von kleinerem Halbmesser gehören, also gewölbter seyn. Gewöhnlich aber sind an optischen Werkzeugen beide von einerlei Halbmesser.

2) Planconvexe (fig. 113.), d. h. solche, deren eine Oberfläche ein convexer Kugelabschnitt, die andere eben ist. Die leztere kann als zu einer Kugelfläche von unendlich großem Halbmesser gehörend betrachtet werden.

3) Concavconvexe oder Monde (*Menisci*) (fig. 114.), d. h. solche, deren eine, convexe, Oberfläche zu einer Kugel von kleinerem Halbmesser gehört, also gewölbter ist, die andere, concave, zu einer

einer Kugel von größerem Halbmesser gehört, also flacher ist.

§. 592.

Bei jedem solchen Glase heißt eine gerade Linie, welche in der Richtung des Halbmessers, durch das Mittelpunct beider Oberflächen, gedacht werden kann, die Axe des Glases.

Ein Glas dieser Art heißt recht centrirt, wenn es so gebildet (geschliffen) ist, daß eine gerade Linie, welche durch das Mittelpunct der einen seiner Oberflächen senkrecht geht, auch durch das Mittelpunct der andern senkrecht geht. Nur ein solches Glas hat eine Axe, nämlich diese Linie.

§. 593.

Alle diese Gläser wirken, (von Luft oder einem anderen minder dichten Mittel umgeben,) so, daß sie die Stralen **versammlen**; d. h. sie bringen parallele Stralen zur Convergenz, machen, daß convergirende Stralen noch mehr convergiren, divergirende weniger divergiren, oder, wenn sie nicht zu viel divergiren, sogar auch zur Convergenz gelangen.

§. 594.

Stralen, welche (aus der Luft) **parallel mit der Axe** auf die eine Fläche eines solchen Glases fallen (fig. 112—114.), werden im Durchgange durch dasselbe so gebrochen, daß sie jenseits (in der Luft) in ein Punct vereinigt werden, welches (aus eben dem Grunde, wie bei dem Hohlspiegel

spiegel §. 552.) Brennpunct heißt. Die Entfernung desselben vom Glase heißt die Brennweite (*Distantia focalis*), und bestimmt sich nach der Länge der Halbmesser, die zu den Kugeln gehören, von denen die Flächen des Glases Abschnitte sind.

§. 595.

1) Für ein convex=convexes. Derjenige Stral cf, welcher (fig. 112.) in der Richtung der Axe auf das Glas fällt (Axenstral), wird gar nicht gebrochen (§. 582). Jeder andere damit parallele Stral ad fällt schief auf, wird daher bei dem Eintritte in das Glas durch die vordere Fläche nach dem Einfallslothe (im Verhältnisse 3:2 des Einfalls= und des gebrochenen Sinus) hingelenkt, nähert sich dadurch der Axe, und nimmt den Weg dm. Bei dem Austritte aus dem Glase durch die hintere Fläche wird er (im Verhältnisse 2:3 der Sinus) vom Einfallslothe abgelenkt; da aber die zweite Krümmung der ersten entgegengesetzt ist, so entsteht dadurch noch mehr Annäherung an die Axe, und im Fortgange schneidet der Stral mf den Axenstral cf im Puncte f. Eben so wird jeder andere der parallelen Stralen, wie be, durch die Brechung in die Richtungen en, nf, versetzt, und schneidet den Axenstral in demselben Puncte f. Dieses Punct f ist also das Brennpunct des Glases, of die Brennweite. Wenn beide gekrümmte Flächen des Glases zu einerlei Halbmesser gehören, so ergiebt

ergiebt die Berechnung, daß (für Gläser, welche flach genug sind, daß ihre Dicke gegen die Brennweite unbeträchtlich wird) die **Brennweite dem Halbmesser gleich** sey.

Die Berechnung ergiebt für die Brennweite d solcher durchsichtiger Körper, wenn m das Verhältniß des Einfallssinus zum gebrochenen Sinus, R den Halbmesser der einen sphärischen Fläche, r den der anderen sphärischen Fläche des Glases bedeutet:

$$\frac{Rr}{(m-1).(R+r)} = d$$

Daraus folgt für ein convex-convexes Glas

$$\frac{Rr}{(\frac{3}{2}-1).(R+r)} = \frac{Rr}{\frac{1}{2}.(R+r)}$$

$$= \frac{2Rr}{R+r}$$

Mithin, wenn beide Halbmesser gleich sind,

$$\frac{2rr}{r+r} = \frac{2rr}{2r} = r$$

Je beträchtlicher die Dicke des Glases nach Verhältniß des Halbmessers ist, desto kleiner wird d; bei einer Kugel $= \frac{1}{2}$ r.

§. 596.

2) Für ein **planconvexes** (Tab. VI. fig. 113). Die auf die ebene Fläche des Glases auffallenden der Axe parallelen Stralen werden, da sie alle senkrecht auffallen, bei dem Eintritte in das Glas in d, e, nicht gebrochen (§. 582), sondern erst bei dem Austritte durch die gekrümmte Fläche in m, n, und hier eben so, wie in der hintern Fläche des convex-convexen. Da sie nur eine Brechung erleiden,

so nähern sie sich nach dem Durchgange der Axe weniger, als in jenem; daher muß das Brennpunct dieses Glases entfernter vom Glase liegen.

Wenn das Glas umgekehrt gegen die Stralen steht, so daß diese auf die convexe Fläche fallen, so werden sie zwar schon bei dem Eintritte in das Glas gebrochen, und bei dem Austritte abermals, allein die zweite Brechung ist, weil die Stralen viel weniger schief auf die ebene Fläche fallen, viel schwächer, als bei jenem.

Die Berechnung ergiebt, daß die **Brennweite dem doppelten Halbmesser gleich** sey.

Aus jener Formel folgt, da R als unendlich angenommen werden muß, für ein planconvexes:

$$\frac{2.\infty.r}{\infty + r} = \frac{2.\infty.r}{\infty} = 2r$$

§. 597.

3) Für ein concavconvexes (Tab. VI. fig. 114). Die auf die concave Fläche des Glases fallenden Stralen werden bei dem Eintritte in das Glas in d, e, durch die Hinlenkung zum Einfallslothe von der Axe entfernt. Bei dem Austritte durch die convexe Fläche werden sie, wie bei dem convexconvexen, durch die Ablenkung vom Einfallslothe der Axe genähert. Da die convexe Fläche hier krummer ist, als die concave, so beträgt die Annäherung an die Axe mehr, als die Entfernung von derselben; die Stralen convergiren also nach

dem

dem Durchgange durch das Glas und versammlen sich in ein Brennpunct. Weil aber die erste Brechung sie von der Axe entfernt hat, so ist ihre Annäherung nach dem Durchgange noch geringer, als bei dem planconvexen, und sie haben noch weiter, als bei diesem, zu laufen, ehe sie den Axenstral erreichen: das Brennpunct eines solchen Glases muß also noch weiter vom Glase entfernt liegen, als der doppelte Halbmesser.

Fallen die Stralen bei umgekehrter Stellung des Glases erst auf die convexe Fläche, so werden sie erst der Axe genähert, dann beim Austritte durch die concave von der Axe entfernt. Uebrigens ist der Erfolg, wie Zeichnung und Berechnung zeigen, ganz derselbe.

Aus jener Formel folgt für dieses Glas, wenn R den größeren Halbmesser der concaven Fläche, r den kleineren Halbmesser der convexen bedeutet, indem R, als zur concaven Fläche gehörend, negativ gesetzt wird:

$$\frac{2.(-R).r}{-R+r} = \frac{-(2Rr)}{-R+r}$$

Wenn man Zähler und Nenner mit -1 multiplicirt:

$$\frac{2Rr}{R-r}$$

da R größer ist, als r, so ist dieser Nenner positiv, folglich wird d positiv, d. h. das Brennpunct fällt, wie bei jenen Gläsern, hinter das Glas.

§. 598.

Diese Bestimmung der Brennweiten gilt aber nur ganz genau für diejenigen Stralen, welche

unendlich nahe bei der Axe einfallen. (Die Stralen a d, b e (fig. 112.) sind hier nur der Deutlichkeit wegen so weit von der Axe abstehend gezeichnet.) Diejenigen Stralen, welche beträchtlich von der Axe entfernt sind, fallen, je mehrere Grade (eines größten Kreises der Kugel, zu welcher die sphärische Fläche gehört,) sie von der Axe entfernt sind, desto schiefer auf die krummen Flächen, werden daher desto stärker gebrochen. Sie vereinigen sich daher in einem Puncte mit der Axe, der näher am Glase liegt, als f, und desto näher, je mehrere Grade sie von der Axe entfernt sind. Daher haben auch diese Gläser einen **Brennraum**, welcher desto länger ist, je mehr Grade das Glas fasset (§. 554).

§. 599.

Stralen, welche **parallel mit einander**, aber nicht parallel mit der Axe auf ein erhabenes Glas fallen, werden auf dieselbe Weise jenseits des Glases vereinigt, aber so, daß wenn die Stralen von oben schräg gegen die Axe fahren, das Vereinigungspunct unter der Axe, wenn sie von unten schräg gegen die Axe fahren, das Vereinigungspunct über der Axe liegt u. s. w.

§. 600.

Da Stralen, welche parallel mit der Axe auf ein erhabenes Glas fallen, in demselben so gebrochen werden, daß sie jenseits sich im Brennpuncte verei-

vereinigen, so müssen Stralen, welche aus dem Brennpuncte auf ein solches Glas fallen, nach dem Durchgange parallel mit der Axe fahren. Denn die beiden Brechungen geben ihnen denselben Weg, nur jedem Strale in umgekehrter Richtung.

§. 600. b.

Wenn die in dem Brennpuncte eines erhabenen Glases versammelten Stralen daselbst nicht von einem undurchsichtigen Körper aufgefangen werden, sondern in der Luft weiter fahren, so kreuzen sie einander, so daß die untern schräg aufwärts, die obern schräg abwärts ꝛc. fahren. Wenn sie sodann auf ein erhabenes Glas fallen, das um die Brennweite von jenem Puncte entfernt ist, so werden sie wieder parallel.

Wenn zwei erhabene Gläser so auf eine Axe gestellt werden, daß ihr Abstand von einander der Summe ihrer Brennweiten gleich ist, so werden die parallel mit der Axe auf das erste fallenden Stralen, nach dem Durchgange durch beide wieder parallel.

§. 601.

Wenn hingegen Stralen (Tab. VI. fig. 115.) aus einem Puncte C in der Axe eines erhabenen Glases, das vom Glase entfernter ist, als das Brennpunct f, auf das Glas fallen, so werden sie, weil sie weniger divergiren, als die aus dem Brennpuncte kommenden, nach dem Durchgange durch das Glas nicht nur parallel werden, sondern convergiren;

ren; mithin jenseit des Glases sich in einem Puncte c der Axe mit dem ungebrochen durchgehenden Axenstrale vereinigen. Dieses Punct c ist dann ein **dioptrisches** und zwar ein **wirkliches Bild** (§. 519) des Punctes C. Die Entfernung oc desselben vom Glase heißt die **Bildweite**.

§. 602.

Je **näher** das Punct C dem Glase liegt, desto mehr divergiren seine auf das Glas fallende Stralen, desto weniger convergiren sie also nach dem Durchgange, und desto **größer** muß also die **Bildweite** oc seines Bildes C werden. Wenn es endlich in den Brennpunct f rückte, so würden seine Stralen nach dem Durchgange parallel werden, also gar kein Bild, (oder, so zu sagen, es erst in einer unendlichen Entfernung machen.) Je **weiter** hingegen das Punct C vom Glase entfernt liegt, desto weniger divergiren seine auf das Glas fallende Stralen, desto mehr convergiren sie nach dem Durchgange, und desto **kleiner** muß die Bildweite oc seiner Bildes c werden. Wenn es unendlich weit entfernt wäre, so würden seine auf das Glas fallende Stralen als parallel anzusehen seyn, und mithin sein Bild in das Brennpunct fallen.

Wenn das Punct C nur (nach Verhältniß der Breite des Glases) sehr weit vom Glase entfernt ist, so daß die äussersten Stralen seines Stralenkegels einen sehr kleinen Winkel mit einander machen, so ist die Bildweite seines

seines Bildes von der Brennweite sehr wenig verschieden (§. 491).

§. 603.

Auf dieselbe Weise werden (fig. 116.) Stralen, welche von einem Puncte A über der Axe, in größerer Entfernung, als die Brennweite, auf das Glas fallen, so in demselben gebrochen, daß sie jenseits des Glases sich in ein Punct a vereinigen, welches also das Bild dieses Punctes wird. Der mittlere Stral Aa, welcher die Axe im Mittelpuncte des Glases x schneidet, wird, (wenn er nur einen kleinen Winkel mit der Axe macht,) so gut als gar nicht gebrochen, weil die beiden Stellen des Glases, durch welche er geht, einander fast parallel liegen, so daß er nach dem Durchgange dieselbe Richtung hat, welche er vorher hatte (§. 588). Er ist daher gleichsam der Wegweiser zum Bilde, und zeigt, daß dasselbe von einem Puncte A, das über der Axe liegt, jenseits des Glases unter die Axe nach a fallen, von einem Puncte B, das unter der Axe liegt, jenseits des Glases über die Axe nach b fallen muß u. s. w.

§. 604.

Daraus ist klar, wie ein erhabenes Glas (Tab. VI. fig. 115.) von einem ganzen Gegenstande AB, von welchem Stralen auf dasselbe fallen, hinter sich ein wirkliches Bild ab mache; daß dieses Bild gegen den Gegenstand verkehrt stehen müsse; daß,

daß, je näher der Gegenstand dem Glase liegt, desto weiter sein Bild hinter das Glas falle; je mehr aber der Gegenstand sich vom Glase entfernt, desto näher sein Bild an das Glas rücke; und daß je weiter das Bild hinter das Glas fällt, desto größer es werde, weil sein Umfang durch die Spitzen a, b, der zu den Gränzpuncten A, B, u. s. w. gehörenden Stralenkegel bestimmt wird, und diese Spitzen sich immer weiter von einander entfernen, je länger die Stralen hinter dem Glase fortlaufen, ehe sie sich vereinigen.

Das Verhältniß des Bildes ab zur Größe des Gegenstands AB ist allemal der Entfernung beider cx, CX von der Mitte des Glases proportional.

Wenn beide gleich entfernt vom Glase sind, so sind sie auch gleich groß. Ein nahe am Brennpuncte liegender Gegenstand macht in großer Entfernung ein Bild, das viel größer ist, als er selbst, und ein sehr weit entfernt liegender Gegenstand macht ein viel kleineres Bild, das kaum mehr als um die Brennweite vom Glase entfernt ist. Daher wird bei optischen Werkzeugen für sehr entfernte Gegenstände die Bildweite gemeiniglich der Brennweite gleich geschätzt.

§. 605.

Da das auf das erhabene Glas fallende Licht des Gegenstandes eben dasjenige ist, vermöge dessen sein Bild erleuchtet wird, so muß das Bild eines Gegenstandes desto schwächere Erleuchtung erhalten,

halten, je weiter es hinter das Glas fällt, und je grösser es daher wird (§. 594).

Anwendung dieser Gläser als Objectivgläser in Teleskopen.

§. 606.

So wie bei Stralen, welche parallel auf ein erhabenes Glas fallen, nur diejenigen sich genau im Brennpuncte vereinigen, welche der Axe unendlich nahe sind, eben so findet dieses bei divergirenden Stralen Statt, weil die von der Axe entfernteren immer schiefer und schiefer auf das Glas fallen, also mehr gebrochen werden, folglich von jedem Stralenkegel sich in Puncten vereinigen, welche dem Glase näher liegen, als die Vereinigungspuncte der Stralen, die nahe an der Axe sind. Es entstehen daher von jedem Gegenstande gleichsam mehrere Bilder hinter einander, und dies macht die **Abweichung** (oder **Undeutlichkeit**) der **dioptrischen Bilder** aus, welche **von der Gestalt des Glases** abhängt.

Diese Undeutlichkeit wird desto grösser, je mehrere Grade eines größten Kreises seiner Kugel ein Glas umfasset, also je gewölbter es ist. Man bedient sich daher zu optischen Werkzeugen, die eine grosse Oeffnung erfordern, flacherhabener Gläser, oder belegt den dem Rande nahen Theil ihrer Flächen mit einer **Blendung**, damit nur diejenigen Stralen benutzt werden, welche nahe bei der Axe durchs Glas gehen. Indessen hat das, weil flachere Gläser grössere Halbmesser, also grössere Brennweiten haben, den Nachtheil, daß die Bilder in größere Entfernung fallen, also schwächer erleuchtet werden.

§. 607.

§. 607.

Wenn die Stralen, von einem Gegenstande, welche durch ein erhabenes Glas zu einem Bilde gemacht werden, vor oder hinter dem Bildpuncte des Gegenstands von einer Fläche aufgefangen werden, so machen sie kein Bild, weil dann jedes Punct der bestralten Fläche von mehreren Puncten des Gegenstandes Stralen empfängt. Vor dem Bildpuncte haben die von einem Puncte kommenden Stralen sich noch nicht vereinigt; hinter ihm haben sie sich schon wieder getrennt. Doch entstehen undeutliche Bilder, wenn die Stralen nahe am Bildpuncte aufgefangen werden.

§. 608.

Wenn ein Punct x (Tab. VII. fig. 121.) in der Axe eines erhabenen Glases näher bei demselben liegt, als das Brennpunct, so divergiren die von ihm auf das Glas fallenden Stralen noch mehr, als wenn sie aus dem Brennpuncte kämen, und werden daher im Durchgange durch das Glas nicht einmal parallel, sondern nur weniger divergirend, als vorher. Sie machen daher kein wirkliches Bild.

§. 609.

Aber sie geben dem Auge, wenn dieses einen Gegenstand, der etwas näher, als das Brennpunct an einem solchen Glase liegt, durch dasselbe anschauet, ein scheinbares Bild desselben, welches grösser zu seyn scheint, als der Gegenstand (fig. 122). Es kom-

kommen z. E. vom Puncte B die divergirenden Stralen bm, bn, durch die Minderung ihrer Divergenz so ins Auge, als ob sie von einem entfernteren Puncte b kämen. Dennoch erscheint die Länge ab unter dem Sehewinkel bac = BAC. Der Gegenstand scheint daher nur größer zu seyn, als er wirklich ist.

Darauf beruhet die Wirkung des einfachen Mikroskops, und des Oculars im Teleskope.

§. 610.

Wenn die Stralen, welche in einem Brennpuncte oder Bildpuncte vereinigt sind, nicht in demselben von einer undurchsichtigen Fläche aufgefangen worden, so kreuzen sie sich in demselben, und bilden einen neuen Stralenkegel, dessen Stralen wieder von einem andern Glase aufgefangen werden, und dadurch abermals eine andere Richtung erhalten, ein zweites **Bild** machen rc. können.

Darauf (§. 609. 610. 611) beruhet die Einrichtung der zusammengesetzten Mikroskope und der Teleskope.

Da ich die Optik von der übrigen Physik abgesondert vortrage, so handle ich von diesen Werkzeugen im mündlichen Vortrage; aber für die bezweckte Kürze dieses Compendiums und seine Bestimmung für den elementarischen Unterricht in der eigentlichen Physik würde die Betrachtung derselben hier zu weit in die Mathematik führen.

§. 611.

Und wenn convergirende Stralen, die schon durch ein erhabenes Glas zur Convergenz gebracht wor-

worden sind, auf ein zweites erhabenes Glas fallen, so wird im Durchgange durch dasselbe ihre Convergenz noch vermehrt, so daß sie nun schon in kleinerer Entfernung von dem ersten Glase in ein Punct vereinigt werden, als ohne das zweite Glas (Collectivglas) geschehen seyn würde.

§. 612.

Hohlgläser oder **concave Gläser** wollen wir solche nennen, welche, in zwei einander gegenüberliegenden Flächen eingeschlossen, in der Mitte dünner sind, als nach dem Rande zu. Sie können seyn

1) **Concavconcave** (Tab. VII. fig. 123.) d. h. solche, deren beide Flächen concave Abschnitte von Kugeln sind. Die eine der beiden Flächen kann zu einer Kugel von größerem Halbmesser gehören, also flacher seyn, die andere zu einer Kugel von größerem Halbmesser gehören, also hohler seyn. Gewöhnlich sind an optischen Werkzeugen beide von einerlei Halbmesser.

2) **Planconcave** (fig. 124.) d. h. solche, deren eine Fläche in concaver Kugelabschnitt, die andere eben ist. Die leztere kann als zu einer Kugelfläche von unendlich großem Halbmesser gehörend betrachtet werden.

3) **Convexconcave** (fig. 125.), d. h. solche, deren eine, concave Oberfläche, zu einer Kugel von grösserem Halbmesser gehört, also krummer ist, die ande-

andere, convexe, zu einer Kugel von kleinerem Halbmesser gehört, also flacher ist.

§. 613.

Die Axe dieser Gläser wird, wie bei den erhabenen (§. 592) bestimmt.

§. 614.

Alle diese Gläser wirken (von Luft oder einem anderen minder dichten Mittel umgeben) so, daß sie die Stralen zerstreuen; d. h. sie bringen parallele Stralen zur Divergenz, machen, daß divergirende Stralen noch mehr divergiren, und daß convergirende parallel werden oder, wenn sie nicht viel convergiren, gar divergiren.

§. 615.

Stralen, welche (aus der Luft) parallel mit der Axe auf die eine Fläche eines solchen Glases fallen (fig. 118—120.), werden im Durchgange durch dasselbe so gebrochen, daß sie jenseits (in der Luft) aus einander fahren, als ob sie aus einem Puncte F der Axe kämen, das vor dem Glase liegt. Dieses Punct heißt Zerstreuungspunct des Glases, auch negatives Brennpunct, und die Entfernung desselben vom Glase die Zerstreuungsweite, auch negative Brennweite. Sie bestimmt sich ebenfalls nach der Länge der Halbmesser (§. 594).

§. 616.

§. 616.

1) Für ein concavconcaves (fig. 123): Derjenige Stral cy, welcher in der Richtung der Axe auf das Glas fällt (Axenstral), wird gar nicht gebrochen (§. 582). Jeder andere damit parallele Stral ad fällt schief auf, wird daher, bei dem Eintritte in das Glas, nach dem Einfallslothe hingelenkt, entfernt sich dadurch von der Axe und nimmt den Weg dm. Bei dem Austritte aus dem Glase durch die hintere Fläche wird er vom Einfallslothe abgelenkt; da aber die zweite Krümmung der ersten entgegengesetzt ist, so entsteht dadurch noch mehr Entfernung von der Axe, und der Stral nimmt den Weg mx. Eben so wird der Stral be in die Richtungen en, nz, versetzt. So erhalten alle parallele Stralen die Richtung, als ob sie von dem Puncte f kämen. Dieses Punct ist also das Zerstreuungspunct; of die Zerstreuungsweite; diese ist, wenn beide Flächen zu einerlei Halbmesser gehören, dem Halbmesser gleich.

Aus obiger Formel folgt für ein concavconcaves Glas

$$\frac{2(-R).(-r)}{-R-r} = \frac{2Rr}{-R-r}$$

$$= -\left(\frac{2Rr}{R+r}\right)$$

Mithin wenn beide Halbmesser gleich sind:

$$-\left(\frac{2rr}{2r}\right) = -r$$

da r negativ ist, so fällt das Punct in dieser Entfer-

nung

nung vor das Glas, d. h. dahin, woher die Stralen kommen.

§. 617.

2) Für ein **planconcaves** (fig. 124). Die auf die ebene Fläche des Glases fallenden Stralen ad, be, werden, da sie alle senkrecht auffallen, bei dem Eintritte in das Glas in d, e, nicht gebrochen, sondern erst bei dem Austritte durch die gekrümmte Fläche in m, n, und hier eben so, wie in der hintern Fläche des concavconcaven. Da sie dann nur **eine** Brechung erleiden, so entfernen sie sich nach dem Durchgange von der Axe weniger; daher muß das Zerstreuungspunct weiter entfernt liegen, als bei jenem.

Wenn das Glas umgekehrt gegen die Stralen steht, so daß diese auf die concave Fläche fallen, so werden sie zwar schon bei dem Eintritte in das Glas gebrochen, und bei dem Austritte abermals, allein die zweite Brechung ist, weil die Stralen auf die ebene Fläche viel weniger schief fallen, viel schwächer, als bei jenem. Die Berechnung ergiebt, daß bei einem solchen Glase die Zerstreuungsweite dem **doppelten Halbmesser** gleich sey.

Aus jener Formel (§. 595) folgt für ein planconcaves Glas:

$$\frac{2 \cdot (-R) \cdot \infty}{-R + \infty} = \frac{-(2R) \cdot \infty}{\infty}$$
$$= -2R$$

§. 618.

§. 618.

3) Für ein **converconcaves** (fig. 125.). Die auf die concave Fläche des Glases fallenden Stralen werden bei dem Eintritte in das Glas in d, e durch die Hinlenkung zum Einfallslothe von der Are entfernt. Bei dem Austritte durch die convere Fläche, werden sie durch die Hinlenkung zum Einfallslothe oder Are genähert. Da die concave Fläche hier krummer ist, als die convere, so beträgt die Entfernung von der Are mehr, als die Annäherung an dieselbe, die Stralen divergiren also nach dem Durchgange durch das Glas. Weil aber Annäherung an die Are bei dem Austritte ihre Divergenz vermindert, so ist ihre Divergenz nach dem Durchgange noch geringer, als bei den planconcaven, und ihr Zerstreuungspunct liegt also noch weiter hinter dem Glase entfernt, als bei diesem. Wenn das Glas umgekehrt gegen die Stralen steht, so ist der Erfolg ganz derselbe, indem sie dann beim Eintritt durch die convere Fläche erst der Are genähert, und beim Austritt durch die concave von derselben entfernt werden.

Aus jener Formel (§. 595) folgt für ein solches Glas, wenn R den größeren Halbmesser der converen Fläche, r den kleineren Halbmesser der concaven bedeutet, indem r, als zur concaven Fläche gehörend, negativ gesetzt wird:

$$\frac{2 . R . (-r)}{R - r} = \frac{-(2 R r)}{R - r}$$

Wenn

Wenn man Zähler und Nenner mit — 1 multiplicirt:

$$\frac{2Rr}{-R+r}$$

da R größer ist, als r, so bleibt ein negativer Rest als Nenner; da nun der Zähler positiv ist, so wird der ganze Ausdruck negativ, und zeigt an, daß das Zerstreuungspunct vor das Glas fällt.

§. 619.

Ein auf einer Seite convexes, auf der andern concaves Glas, dessen beide Flächen zu einerlei Halbmesser gehören (wie ein Uhrglas), versammelt weder die Stralen noch zerstreuet sie, sondern bricht die Stralen, wie ein ebenes, dessen beide Flächen parallel sind (§. 588).

§. 620.

Eine der auffallendsten, aber auch zugleich der räthselhaftesten Erscheinungen, welche die Brechung des Lichts gewährt, ist die Trennung des weissen Sonnenlichts in verschiedene Farben. Man lasse (Tab. VI. fig. 116.) in ein finsteres Zimmer durch ein kleines Loch von einem Viertheilszoll im Durchmesser mit Hülfe eines aussen angebrachten Spiegels einen Sonnenlichtkylinder (sogenanntes Bündel Sonnenstralen) de horizontal einfahren, so wird derselbe auf einer dem Loche gegenüberstehenden Wand einen kreisrunden weissen stark erleuchteten Fleck darstellen. Man unterbreche aber den Gang dieses Lichtkylinders durch ein dreiseitiges Prisma von recht weissem Glase abc (das Dreieck abc stellt einen

Hh Durch-

Durchschnitt desselben vor), dessen einer Winkel a nach oben gekehrt ist, so daß die demselben entgegengesetzte Fläche b c horizontal liegt, so werden die Lichtstralen bei dem Eintritte in dasselbe in n nach dem Einfallslothe hingelenkt und dadurch in die Richtung n m, bei dem Austritte aus dem Prisma in m von dem Einfallslothe abgelenkt und dadurch in die Richtung m R gebracht. Wie diese Richtung werde, das hängt ausser dem bestimmten Brechungsverhältnisse des Glases und der Luft von der Stellung der brechenden Flächen gegen einander, mithin von der Größe des sogenannten **brechenden Winkels** a a b. Es sei aber dieser Winkel groß oder klein, so wird das weisse Sonnenlicht bei dem Durchgange durch ein solches Prisma allemal in die verschiedenen Farben: **roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, violett,** verwandelt, so daß, wenn der brechende Winkel nach oben gekehrt ist, diese Farben von oben nach unten so auf einander folgen; wenn aber der brechende Winkel nach unten gekehrt ist, dann die rothe Farbe die untere ist und die andern in umgekehrter Ordnung aufwärts folgen. Man nennt diese Erscheinung die **Farbenzerstreuung** des weissen Lichts, und den farbigten Fleck, welcher entsteht, wenn die farbigten Stralen von einer Fläche aufgefangen werden, das **Farbenbild** (*Spectrum*). Die Zerstreuung erfolgt schon bei dem Eintritte in das Prisma; bei dem Austritte wird sie noch vermehrt.

Man

Man sehe bei diesem und den fgg. §§. vorzüglich Newton's am Ende dieses Kapitels angeführtes klassisches Werk.

§. 621.

Dabei zeigt die genauere Untersuchung, daß, indem die weissen Lichtstralen in farbigte verwandelt werden, sie zugleich ihre parallele Richtung neben einander verlieren, und etwas aus einander fahren, weil die verschiedenen farbigten Stralen in verschiedenem Grade gebrochen werden. Die rothen Stralen werden am wenigsten gebrochen, so daß sie auf der auffangenden senkrecht stehenden Fläche (Wand) (fig. 115.) nach R treffen, die orangefarbenen mehr, die gelben noch mehr u. s. w. endlich die violetten am meisten, so daß sie zu unterst nach V treffen. Dadurch entsteht die länglichte Gestalt des ganzen an der auffangenden Wand entstehenden Farbenbildes, welches von oben nach unten viel (etwa 5mal) länger, als in der Queere breit, zu beiden Seiten durch gerade Linien, oben und unten aber durch Kreisbögen begränzt, und in von oben nach unten folgende in einander fliessende farbige Streifen von den genannten Farben abgetheilt ist. Es ist eigentlich eine von oben nach unten folgende Reihe farbigter Kreisflächen, welche in einander fliessen.

Diese Streifen sind nicht alle von gleicher Breite. Die Höhe oder Länge des ganzen Farbenbilds = 1 gesetzt, so beträgt die Höhe des

rothen Streifens	$\frac{1}{8}$
orange	$\frac{3}{40}$
gelben	$\frac{2}{15}$
grünen	$\frac{1}{6}$
blauen	$\frac{1}{6}$
indigo	$\frac{1}{9}$
violetten ,	$\frac{2}{9}$

so genau sich dieses bei dem in einander Fliessen der farbigten Kreise unterscheiden läßt.

Wenn die Peripherie eines Kreises nach diesem Verhältnisse eingetheilt wird, so erhält die rothe Farbe 45° , die orange 27° , die gelbe 48° , die grüne 60° , die blaue 60° , die indigo 40, und die violette 80°.

Das Prisma legt man bei diesen Versuchen am bequemsten auf ein Stativ, dessen beide senkrecht stehende Gabeln die Endzapfen des Prisma tragen, so daß man dieses drehen kann. Das Stativ muß leicht erhöhet und erniedrigt werden können.

Zur auffangenden Fläche dient am besten weisses Papier, in einen hölzernen Rahmen ausgespannt.

§. 622.

Wenn man jedes einzelne dieser farbigten Lichter durch ein dem Durchmesser desselben angemessenes Loch einer dünnen und durchsichtigen Platte fortgehen

hen läßt, so daß die übrigen farbigten Lichter von der Platte aufgehalten werden, und dann dieses einzelne Licht durch ein zweites Prisma gehen läßt, so bleibt dasselbe ungeändert, behält dieselbe Farbe, und macht auf der auffangenden Wand einen kreisrunden Fleck. Wie aber schon bei der Zertheilung des weissen Lichtes im ersten Prisma offenbar wird, daß die rothen Stralen am wenigsten, die folgenden, wie sie folgen, mehr, die violetten also am meisten gebrochen werden, so zeigt sich auch ferner bei dem Durchgange der einzelnen farbigten Lichter durch ein zweites Prisma, oder durch einen Würfel, **daß die verschiedenen farbigten Stralen verschiedene Grade der Brechbarkeit haben**, d. h. daß einige, indem sie gebrochen werden, mehr von ihrem vorigen Wege abweichen, als andere.

Wenn der gemeinschaftliche Einfallssinus der aus Glas (von einer und derselben Art) in Luft tretenden Lichtstralen = 1 gesetzt wird, so ist der gebrochene Sinus

der rothen Stralen	=	1,54 bis 1,5425
— orange	=	1,5425 bis 1,544
— gelben	=	1,544 bis 1,54667
— grünen	=	1,54667 bis 1,55
— blauen	=	1,55 bis 1,55333
— indigo	=	1,55333 bis 1,55555
— violetten	=	1,55555 bis 1,56

Es verhält sich also die größte Brechbarkeit des violetten Lichts zur kleinsten des rothen wie 1,56 : 1,54, oder wie 78 : 77.

§. 622. b.

§. 622. b.

Wegen dieser verschiedenen Grade der Brechbarkeit dieser farbigten Stralen entsteht, wenn man die durch ein horizontal liegendes Prisma gegangene und dadurch farbigt gewordenen Stralen durch ein zweites senkrecht stehendes auffängt, auf der auffangenden senkrecht stehenden ein geneigtes Farbenbild.

§. 623.

Wenn man die durch ein Prisma getrennten farbigten Stralen mit einem erhabenen Glase (§. 594) auffängt, so erscheint im Brennpuncte desselben, indem in dieses ein weisses Papier gehalten wird, wieder das weisse Sonnenlicht. Wird das Papier näher an das Prisma gehalten, so erscheinen noch die farbigten Streifen; wird es entfernter, als das Brennpunct, gehalten, so erscheinen sie wieder, aber in umgekehrter Ordnung, weil die Stralen im Brennpuncte sich kreuzen (§. 600 b.).

§. 623. b.

Wenn einzelne farbigte Stralen einer Farbe (§. 620) nach §. 622 von den übrigen getrennt durch ein erhabenes Glas geleitet werden, so werden sie mit Beibehaltung ihrer Farbe in ein Brennpunct versammlet. Aber die rothen Stralen haben wegen der geringsten Brechbarkeit die größte Brennweite u. s. w. die violetten die kleinste.

§. 634.

§. 624.

Dieselbe Erscheinung, welche ein gläsernes Prisma zeigt (§. 620), giebt auch, nur in veränderter Gestalt, ein weisser gläserner Kegel, wenn man denselben mit der Spitze gegen die einfallenden Stralen kehrt. Er ist zu betrachten, als ob er aus Prismen bestände, welche um seine Axe herum lägen; die Stralen fahren in seine krumme Fläche ein, zu der Grundfläche heraus, und bilden dadurch ein kreisrundes Farbenbild, welches aus concentrischen farbigten Ringen besteht: der innerste ist roth u. s. w. der äusserste violett.

§. 625.

Wenn statt des dreieckigten Prisma ein Parallelepipedum das weisse Sonnenlicht auffängt, so wird dieses zwar bei dem Eintritte in das Glas auch in farbigte Stralen getheilt, so daß der rothe Theil die hintere Seite des Glases in einem andern Orte trifft, als der gelbe u. s. w. Da aber beim Austritte aus dem Glase alle Stralen wieder mit einander und mit den einfallenden parallel werden (§. 88), so vereinigen sie sich wieder mit einander zu weissem Lichte und es findet also jene Farbenzerstreuung nicht Statt.

§. 626.

Nicht allein Glas, sondern auch andere durchsichtige Körper theilen das weisse Licht, in dem es durch sie durchgeht, und gebrochen wird, unter

ähn-

ähnlichen Umständen in Farben. Daß wir dann nicht immer alle Farben des Prisma, sondern nur eine oder einige sehen, hängt von der Stellung des Auges gegen die Richtung der Stralen ab.

Der Regenbogen, von dem erst in der Meteorologie umständlicher geredet wird.

§. 627.

Eben diese Farben zeigen sich uns auf verschiedene andere Weise in der Natur und Kunst. Einmal zeigen ausser der Sonne nur einige **leuchtende Körper** weisses, andere aber farbigtes Licht, indem das aus ihnen sich entbindende Licht schon in ihrem eigenen Stoffe, meist in ihren glühenden Dünsten (Flammen), eine Aenderung erleidet.

Kupfer, Weingeist mit Kupfersalz gemischt, brennt mit grüner Flamme; Weingeist mit Strontionsalz gemischt, brennt mit röthlicher Flamme ꝛc.

Jene Phosphoren (§. 482) leuchten nach Verschiedenheit ihres Stoffs mit weissem, gelblichen, grünlichten Lichte, sie mögen von unzerlegtem Sonnenlichte oder, in farbigte Gläser eingeschlossen, durchs Prisma, mit farbigtem Lichte erleuchtet worden seyn. Wilson *a series of experiments relating to the phosphoric and prismatic colours.* London 1775. 4. im Ausz. übers. in den Leipz. Samml. zur Phys. und Naturg. I. B. 5. St. S. 515.

§. 628.

Einige durchsichtige Körper (Mittel) sind weiß oder farbenlos, indem sie das Licht unverändert

durch

durch sich durchgehen lassen. Andere hingegen zeigen eine oder die andere Farbe; läßt man jene durch ein Prisma schon getheilten farbigten Stralen auf sie fallen, so lassen sie nur diejenigen Stralen durch, welche von ihrer Farbe sind. Sieht man weisse Körper durch solche durchsichtige weisse Körper an, so erscheinen sie in der Farbe des durchsichtigen Körpers: farbigte erscheinen dadurch in anderer Farbe, als durch die bloße Luft oder durch weisse Gläser. Man kann diese Farben **dioptrische Farben** nennen, weil sie von dem Mittel abhängen, durch welches die Stralen zum Auge gelangen.

Gläser, rothe mit Goldpurpur, gelbe mit Spießglanzoxyd, grüne mit Kupferoxyd, blaue mit Koboltoxyd, violette mit Manganesoxyd gefärbt. Wäßrige Tincturen von Cochenille, Gelbwurz, Indigo, Lacmus rc.

Monge's Beobachtungen in Gren's Journal der Phys. II. S. 142. und dagegen Gentil ebend. VI. S. 165.

§. 629.

Von eben dieser Art sind die **farbigten Säume**, mit denen die Gegenstände umgeben scheinen, wenn man sie durch ein gläsernes **Prisma** betrachtet. Ihre Erscheinung nicht bloß an weissen, sondern auch an farbigten Gegenständen beweiset, daß diese mit dem farbigten auch weisses Licht zurückwerfen.

J. W. von Göthe Beitr. zur Optik. Weimar. 1. Stück 1791. 2. Stück 1792. Gren's Bemerk. darüber in s. Journal der Physik. VII. S. 3.

Hie-

Hieher gehören auch wohl die Beobachtungen über die gefärbten Schatten. S. Graf von Rumford in Gren's neuem Journal der Physik. II. S. 58.

§. 630.

Einige undurchsichtige Körper, erscheinen im reinen Sonnenlichte weiß; sie werfen das Licht unverändert zurück. Eben diese werfen dann auch farbigtes Licht, das auf sie fällt, in seiner eigenthümlichen Farbe zurück. Andere hingegen erscheinen im reinen Sonnenlichte farbigt; sie ändern das auf ihre Oberfläche fallende Licht so ab, daß es in einer gewissen Farbe zurückgeworfen wird. Man kann diese Farben katoptrische Farben nennen. Vielleicht entstehen sie alle durch eine Brechung auf der Oberfläche des Körpers, welche vor oder nach der Zurückwerfung erfolgt. Eben diese farbigten Körper werfen farbigtes Licht, welches auf sie fällt, nicht unverändert, sondern so zurück, daß ihre eigene Farbe, die sie im reinen Sonnenlichte geben, sich einmischt. Einige Körper schillern, d. h. sie werfen das Licht mit zweien oder mehreren Farben zurück, so daß das Auge von jeder Stelle eine oder die andere Farbe sieht, je nachdem es so oder so gegen die Richtung der Stralen steht.

§. 631.

Einige unvollkommener durchsichtige Körper zeigen eine andere dioptrische Farbe, eine andere katoptrische; indem sie das Licht anders ändern, wel-

welches sie zurückwerfen, als das, welches sie durchlassen.

Die frische Tinctur des Griesholzes (*Lignum nephriticum*) giebt durch Brechung blaugelbliche durch Zurückstralung gelbrothe Farbe.

Gefärbte Gläser, welche das Licht gelb oder grün zurückwerfen, und durch Brechung des Lichts rothe Farbe geben rc.

§. 632.

Einige undurchsichtige Körper erscheinen schwarz, d. h. sie werfen das Licht, welches auf sie fällt, gar nicht zurück. Wir schliessen dieses aus der Uebereinstimmung der Erscheinung, welche uns eine schwarze und eine im Schatten liegende Fläche geben, ein schwarzer Fleck und ein Loch, das in einen finstern Behälter führt. Im Finstern ist gewissermaassen alles schwarz; aber wir verstehen unter schwarz eigentlich nicht den Mangel des auffallenden Lichts, sondern den Mangel der Zurückwerfung desselben bei undurchsichtigen Körpern. Daher sehen wir das Schwarze eigentlich nur negativ, wie den Schatten, vermöge des angränzenden weissen oder farbigten; indessen ist wohl kein Körper vollkommen schwarz.

Man kan daher mit gutem Auge ein Loch, das durch ein weisses Brett in einen übrigens verschlossenen Kasten geht, von einem mit schwarzem Pigment auf ein anderes weisses Brett gemachten Flecke in weiter Entfernung unterscheiden. Das Pigment erscheint nie so schwarz, als das Loch, weil es doch einiges Licht zurückwirft.

§. 633.

§. 633.

Sowohl die Weisse und Schwärze als die verschiedenen Farben der Körper hängen von ihrer materiellen Beschaffenheit ab, je nachdem der Stoff, aus dem sie bestehen, so oder anders auf das Licht zurückwirkt, es ändert, oder bindet rc. Obwohl sich dieses in den meisten Fällen nicht weiter nachweisen lässet, so werden doch in der Betrachtung der Verschiedenheit der Materie sich darüber empirisch einige Gesetze aufstellen lassen. Daher entsteht mit Aenderung der Mischung eines Körpers fast allemal auch Aenderung der Farbe, und durch Mischungen können mancherlei Farben plötzlich erzeugt werden, die vorher nicht da gewesen sind.

Purpurfarbe aus verdünnter schwach gelblicher Goldauflösung und farbenloser Zinnauflösung.

Rothe Farbe aus blauem Lacmus und farbenloser Säure.

Orange aus farbenloser Sublimatauflösung und farbenlosem Kalkwasser.

Grüne aus blauem Veilchensaft und farbenlosem Bleizucker.

Blaue aus farbenloser Eisenauflösung in Salzsäure und farbenloser Blutlauge, aus fast farbenloser Kupferauflösung in Salpetersäure und farbenlosem Ammonium.

Violette aus rother Fernambuktinctur und farbenlosem Kali.

Braune durch gelbe Tinctur von Curcuma oder Rhabarber und Kali.

Schwarz aus farbenloser Eisenauflösung in Salzsäure und gelblichter Galläpfeltinctur.

Wein-

Weingeist, der nur kurze Zeit auf Rosenblättern (Petalis) gestanden, so daß er noch weiß aussieht, wird alsbald roth, sobald man ihm nur einige Tropfen Salpetersäure gesetzt; von nachher zugesetztem Kali oder Ammonium grün.

Mehrere andere s. in Tielebeins Anleitung mittelst zweier wasserheller Flüssigkeiten alle Hauptfarben augenblicklich darzustellen in Crell's chem. Annalen 1785. I. S. 119.

Hieher gehören auch die sogenannten **sympathetischen Tinten**, welche auf Papier gestrichen, und getrocknet, farbenlos und daher unsichtbar sind, aber irgend eine Farbe erhalten, wenn man das Papier einem gewissen Dunst oder einer liquiden Flüssigkeit aussetzt; einige werden auch dadurch farbigt und sichtbar, daß man sie erhitzt. So wird die Schrift von einer Auflösung des Kobolts in salpetersaurer Salzsäure durch Erhitzung grün, indem sie austrocknet, und dadurch ihre Farbe mehr Intensität erhält; die des Bleizuckers in Wasser durch Schwefelwasserstoff bräunlich, indem das Blei geschwefelt wird; die des Kupfersalpeters durch Ammonium blau, weil die Farbe des Kupferammoniums mehr Intensität hat, als die des Kupfersalpeters rc.

§. 634.

Farbigte Stoffe oder **Pigmente** sind solche Stoffe, welche katoptrische Farbe haben; gewöhnlich werden auch die dazu gezählt, welche katoptrisch weiß oder schwarz sind.

Färbende Stoffe heissen in der Färbekunst die, welche dazu dienen, die Farbe, welche sie selbst haben, anderen Körpern mitzutheilen.

§. 635.

§. 635.

Durch Vermengung solcher fein zertheillten farbigten Stoffe kann man für die Empfindung Farben zusammensetzen; so daß nur eine Farbe empfunden wird, wenn gleich verschiedene da sind. Indem das farbigte Licht von blauen Theilchen mit farbigtem Lichte von gelben Theilchen gemengt ins Auge fällt, entsteht die Empfindung von Grün u. s. w. Ja dieses kann schon dadurch geschehen, daß man auf runden Scheiben (Farbenspindeln) die eine Kreisfläche derselben aus dem Mittelpunkte in Ausschnitte theilt, diese Sectoren mit gewissen Pigmenten überstreicht, und dann diese Scheiben sehr schnell herumdreht.

So erhält man, wenn der eine Halbkreis weiß, der andere schwarz ist, die Empfindung von grau; wenn der eine gelb, der andere schwarz ist, die von braun; wenn der eine roth, der andere blau ist, die von violett ꝛc.

§. 636.

Unter den Versuchen, welche sich mit diesen Farbenspindeln anstellen lassen, ist derjenige ganz vorzüglich merkwürdig, bei welchen man die Kreisfläche nach jenem Verhältnisse (§. 621) eintheilt, und den Sectoren durch Pigmente die sieben Farben des Prisma (§. 621) giebt. Wenn eine so gefärbte Spindel schnell herumgedrehet wird, so sieht man gar keine Farbe, sondern die ganze Kreisfläche erscheint **weiß**.

Genaue

Genaue auf Versuche gegründete Bestimmung der Eintheilung, damit ein reines Weiß entstehe s. in M. A. F. Lüdicke Beschreibung eines kleinen Schwungrades die Verwandlung der Regenbogenfarben in Weiß darzustellen in Gilberts Annalen der Physik. V. 3. S. 272.

§. 637.

Obwohl die (§. 620) genannten Farben des Farbenbilds eine geradlinigte Reihe ausmachen, so gehen sie doch nicht allein vom rothen bis zum violetten in einander über, sondern es macht auch das violette wieder den Uebergang von dem blauen zum rothen, so daß diese Farben gewissermassen einen Kreis ausmachen. Das Orange macht den Uebergang vom Rothen zum Gelben, das Grüne vom Gelben zum Blauen, das Violett vom Blauen zum Rothen.

§. 638.

Es giebt demnach in dieser Reihe eigentlich nur drei Hauptfarben oder einfache: roth, gelb, und blau. Eine Farbenspindel, nur in drei Sectoren, einen rothen, blauen und gelben getheilt, schnell herum gedreht, giebt die Erscheinung von Weiß. Die andern sind aus je zweien dieser zusammengesetzt, und es giebt in dieser Reihe unzählige Abstufungen von Farben, je nachdem eine zusammengesetzte Farbe etwas weniger von Roth, etwas mehr von Gelb, u. s. w. enthält.

Es ist indessen wohl zu merken, daß wenn man aus dem blauen Strale eines Prisma und dem gelben eines andern

dern grünes Licht zusammengesetzt, dieses im Durchgange durch ein drittes Prisma wieder in blau und gelb zertheilt werde, welches hingegen bei dem durch Brechung des weissen Lichts im ersten Prisma entstandenen Grün nicht geschieht.

Das Farbendreieck. Tob. Mayer *de affinitate colorum* in Dess. *Opp. ineditis* cura G. C. Lichtenberg. I. Götting. 1775. 4.

Nach Wünsch (Vers. u. Beob. über die Farben des Lichts. Leipzig 1792. 8.) sind **Roth**, **Grün** und **Violett** die einfachen Farben: Orange aus dem starken Roth und dem schwachen grün; Gelb aus dem starken Roth und dem starken Grün; Hellblau aus dem starken Grün und dem schwachen Violett; Indigoblau aus dem schwachen Grün und dem starken Violett zusammengesetzt. Wirklich giebt auch eine Farbenspindel mit roth, grün und violet bestrichen eben sowohl weiß, als eine mit roth, blau und gelb.

§. 638. b.

Ausserdem hat jede dieser Farben, sowohl der einfachen als der zusammengesetzten, unzählig viele blassere und dunklere **Nüancen**, je nachdem ihr mehr oder weniger weiß oder schwarz eingemischt ist.

§. 639.

Dunkelfarbige Oberflächen werfen in jeder Farbe weniger Licht, als hellfarbige zurück. In Rücksicht auf die verschiedenen Farben selbst werfen gelbe und rothe Oberflächen mehr, grüne weniger, blaue noch weniger, violette am wenigsten zurück.

§. 640.

§. 640.

Auch die convexen und concaven Gläser bewirken, indem sie die Stralen brechen (§. 594. 615), dabei eine Farbenzerstreuung, indem sie anzusehen sind, als beständen sie aus Prismen, welche um die Axe des Glases herum lägen. Da die rothen Stralen die größte u. s. w. endlich die violetten die kleinste Brennweite haben, so entstehen durch solche Gläser statt eines Bildes (§. 604) eigentlich sieben farbigte Bilder hinter einander, und dadurch ausser jener Abweichung oder Undeutlichkeit (§. 606) noch eine andere, nämlich die **von der Farbenzerstreuung, oder wegen der verschiedenen Brechbarkeit**, welche noch viel beträchtlicher und bei dem Gebrauche optischer Werkzeuge nachtheiliger ist, als jene.

§. 640. b.

Wenn ein erhabenes Glas so gegen die Sonne gekehrt wird, daß die Sonnenstralen parallel mit seiner Axe auf dasselbe fallen, so entsteht ein kreisrundes Bild der Sonne (§. 601. 604). Da wegen der großen Entfernung der Sonne die von jedem ihrer Puncte auf das Glas fallenden Stralen als parallel anzusehen sind (§. 491); so fällt dieses Bild von denen Stralen, welche unendlich nahe bei der Axe einfallen, in das Brennpunct (§. 594. 604) d. h. so, daß das Brennpunct Mittelpunct des Bildes wird. Für die übrigen entfernter von

der Axe auffallenden Stralen entstehen aber andere Sonnenbilder, näher nach dem Glase zu (§. 606. 640), und so eine zusammenhängende Reihe von Sonnenbildern. Daher entsteht ein **Brennraum** (§. 598), welcher Länge, und, wegen der Breite und Höhe jedes Sonnenbildes, auch Höhe hat.

§. 641.

Nicht jedes Glas bricht die Stralen gleich stark, sondern es finden darin, je nachdem das Glas ausser dem Kali und der Kieselerde, welche wesentlich zu ihm gehören; nichts anderes, oder auch Kalk, Bleioxyd u. enthält, Verschiedenheiten Statt. Am beträchtlichsten ist diese Verschiedenheit bei dem Flintglase, dessen brechende Kraft sich zu der des Kronenglases (eines vorzüglich reinen Kieselglases) wie 1,583 zu 1,530 verhält.

§. 542.

Aber die **farbenzerstreuende Kraft** der verschiedenen durchsichtigen Körper **steht nicht im Verhältnisse mit ihrer mittleren Brechung**; oder die Brechung der äusseren Stralen steht in den verschiedenen durchsichtigen Körpern nicht in einerlei Verhältnisse mit der Brechung der mittleren. Daher läßt sich die Farbenzerstreuung in den verschiedenen Mitteln nur durch die Erfahrung bestimmen.

§. 643.

Darauf gründet sich die Möglichkeit **achromatischer Prismen und Objectivgläser**, welche

che aus zweien verschiedenen Glasarten so zusammengesetzt sind, daß die in dem einem Glase entstandene Farbenzerstreuung durch die des anderen wiederum aufgehoben wird.

Die wichtige Entdeckung achromatischer Gläser haben wir dem großen **Euler** (*sur la perfection des verres objectifs des lunettes.* in den *Mem. de l'ac. des sc. de Prusse.* 1747. p. 274) zu danken, welcher durch Betrachtung der Zusammenfügung des Glaskörpers und der Krystallinse im Auge darauf geleitet wurde. **John Dollond** (*an account of some experiments concerning the different refrangibility of light* in den *philosoph. transact.* Vol. 50. Part. II. p. 733) war der erste, der ein achromatisches Objectiv aus **Crownglase** (einem reinen Kieselglase) und **Flintglase** (einem bleihaltigen Kieselglase) zu Stande brachte. Die mittlere Brechung des Crownglases ist von der des Flintglases wenig verschieden, indem jene sich zu dieser wie 1,53 : 1,58 verhält; hingegen die Farbenzerstreuung ist wie 2 : 3, also im Flintglase viel größer, so daß das durch ein Prisma von Flintglase entstehende Farbenbild um die Hälfte länger ist, als das durch eines von Crownglase entstehende.

Es seyen zwei dreiseitige Prismen, das eine aus Crownglase, das andere aus Flintglase bestehend; jenes breche bei jedem Grade, um welchen es die rothen Stralen bricht, die violetten um 2 Minuten mehr; dieses bei jedem Grade, um welchen es die rothen Stralen bricht, die violetten um 3 Minuten mehr. Der brechende Winkel des Prisma aus Crownglase sey etwas größer, als der aus Flintglase, so daß, wenn beide Prismen in entgegengesetzter Stellung zusammen gelegt

werden, und in dem erstern das rothe Licht um 6 Grade abwärts gebrochen wird, es durch das zweite um 4 Grade aufwärts gebrochen werden muß. Die rothen Stralen werden demnach bei dem Austritte aus dem hintern Prisma um 2 Grade abwärts gebrochen bleiben. Die violetten Stralen werden im erstern Prisma um 6 Grade 12 Minuten herab, im zweiten um 4 Grade 12 Minuten hinauf gebrochen; demnach bei dem Austritte aus dem hintern Prisma ebenfalls um 2 Grade, so viel, wie die rothen, abwärts gebrochen bleiben. Eben so geschieht es verhältnißmäßig mit den mittleren farbigten Stralen; es werden also die farbigten Stralen bei dem Ausgange aus dem hintern Prisma alle wieder parallel und mithin ihre Zerstreuung wieder aufgehoben werden. Gren's Naturlehre. §. 789.

Auf dieselbe Weise wirken die achromatischen Objectivgläser, in denen ein erhabenes Glas aus Crownglase und ein concaves aus Flintglase auf einander gelegt sind. Man kann jeden Sector eines solchen Glases als aus zwei Prismen bestehend ansehen, deren brechende Winkel entgegengesetzte Lage haben. Die neuesten achromatischen Objectivgläser, welche John Dollond und sein Sohn Peter Dollond verfertigt haben, bestehen aus zwei erhabenen und einem Hohlglase.

§. 644.

Keine der Erscheinungen, welche das Licht uns gewährt, hat in der Erklärung eine größere Schwierigkeit, als die Entstehung der Farben. Zwar ist der Grund ihrer Verschiedenheit in Rücksicht auf unser Auge subjectiv: unsere Nervenhaut erleidet eine andere Veränderung, wenn wir roth sehen,

als

als wenn wir gelb sehen ꝛc. Allein einmal ist die Frage, in wie fern die Veränderungen des Auges bei den verschiedenen Farben verschieden sind.

Nach Westfeld (die Erzeugung der Farben. Gött. 1767. 8.) besteht der Unterschied in der verschiedenen Erwärmung der Nervenhaut.

§. 645.

Zum andern ist die Frage: worin besteht der objective Grund der Verschiedenheit, von welchem doch einerseits die verschiedene Veränderung in der Nervenhaut abhängen muß? Newton, dessen trefflichen Versuchen wir die ersten und wichtigsten Entdeckungen in dieser Lehre und namentlich alle jene Bestimmungen der Farbenzerstreuung (§. 620—627) zu danken haben, folgerte aus jenen Erscheinungen, daß das **weisse Licht aus verschiedenen Arten farbigten Lichts bestehe**, welche verschiedene Brechbarkeit haben, und daher im Prisma von einander getrennt werden. Aber jede dieser Lichtarten sey einfach, und könne daher nicht weiter zerlegt werden. Die verschiedenen Farben der leuchtenden Körper entstehen daher, daß diese Körper nur gewisse Arten oder Theile des Lichts ausströmen, durchlassen oder zurückwerfen. Wirklich folgt diese Theorie gewissermaassen unmittelbar aus der Erscheinung: und wenn sie auch dieselbe nicht eigentlich erklärt, so spricht sie doch die Gesetze derselben so bestimmt und richtig aus, daß sie neben allem, was nachher über das Licht ist gesagt

sagt worden, bestehen, ja in der Betrachtung jener Erscheinungen gar nicht entbehrt werden kann. Der weisse Stral wird im Durchgange durch das Prisma sichtbar in verschiedene farbigte getheilt und gleichsam gespalten (§. 620. 621), jede Art dieser farbigten Stralen bleibt bei fortgesetzter Brechung ungeändert (§. 622); durch Vereinigung derselben entsteht wieder weisses Licht (§. 623); und selbst durch Vereinigung der Empfindungen dieser verschiedenen Farben im Auge entsteht die Empfindung des Weissen (§. 636). Ein rothes Glas lässet, wenn alle sieben farbigten Stralen auf dasselbe fallen, wirklich nur die rothen Stralen durch (§. 628) ꝛc. ꝛc.

S. Newton's am Ende angef. Werk.

Es erklärt sich auch nach dieser Theorie aus verschiedener Stärke der Anziehung der verschiedenen Mittel zu den verschiedenen Arten des farbigten Lichts, daß die Farbenzerstreuung nicht mit der mittleren Brechung im Verhältnisse steht (§. 542).

§. 646.

Nach Euler (§. 507) hingegen besteht das Wesen der Farben in der **verschiedenen Geschwindigkeit**, mit welcher die Schläge des Aethers auf einander folgen. Die rothen Stralen haben die größte, die violetten die geringste Geschwindigkeit. Leuchtende Körper geben ein farbigtes Licht, wenn sie dem Aether nur Schläge von einerlei Geschwindigkeit geben. Was Newton ein-

einfaches Licht nennt, bestehe in Schlägen des Aethers von einerlei Geschwindigkeit; was er gemischtes nennt, aus Schlägen des Aethers von verschiedener Geschwindigkeit; das zusammengesetzte des weissen Sonnenlichts bestehe darin, daß die Schläge desselben nicht alle in gleichen Zeiten, sondern einige schneller, andere langsamer auf einander folgen. Die Farbenzerstreuung bei der Brechung entstehe, indem die geschwinderen Stralen weniger gebrochen werden, als die langsameren. Dunkle Körper sehen farbigt aus, wenn sie dem Aether nur Schläge von einerlei bestimmter Geschwindigkeit: weiß, wenn sie ihm Schläge von allerlei Geschwindigkeit, schwarz, wenn sie ihm gar keine zurückgeben 2c. Aber das Ansehen eines so großen Physikers, als Euler war, darf uns nicht abhalten, das gezwungene und unbefriedigende dieser Erklärung anzuerkennen: aus welcher insbesondere nicht begriffen werden kann, wie die Farbenzerstreuung nicht mit der mittleren Brechung im Verhältnisse stehe.

Eulers Hypothese (s. d. oben §. 507. angeführte Schrift) verliert dadurch noch mehr, daß er in einer andern Schrift (*essay d'une explication physique des couleurs* in den *Mem. de l'ac. de Prusse* 1752.) dem rothen Lichte die kleinste Geschwindigkeit beilegt.

§. 647.

Wenn das Licht die freie Dehnkraft ist (§. 511), so sind vielleicht die Farben nichts anders, als verschie-

schiedene Stufen seines Ueberganges zur Materie, welcher im allgemeinen von der Anziehung der brechenden oder zurückwerfenden Körper zum Lichte, im besonderen von der grösseren oder geringeren Fähigkeit derselben abhängt, das Licht in verschiedenem Grade, auch auf verschiedene Weise zu binden, und dadurch es in einem veränderten Zustande ins Auge zu senden.

Wenn ein mit frischem weissen Hornsilber bestrichenes Papier, in das Farbenbild gelegt wird, so erfolgt die Schwärzung (Herstellung) viel eher und stärker in dem violetten Lichte, als in den andern Farben. Scheele *aëris atque ignis examen chemicum. Opusc.* ed. Hebenstreit. Lips. 1788. 8. p. 75. §. 66. Nach Ritter's Beobachtung giebt es bei der Brechung der Stralen durchs Prisma unsichtbare Stralen, welche noch stärker, als die violetten gebrochen werden, daher ausser dem violetten Felde des Farbenbildes wirken, und das Hornsilber noch stärker schwärzen. Die Wirkung nimmt durch das Violet, Blau rc. ab, hört in oder nahe hinter dem Grün auf, und geht im Orange und Roth in Oxydation des schon hergestellten über. Gilbert's Annalen der Physik. VII. 4. S. 527. Und nach Herschel's Beobachtung unsichtbare Stralen, welche noch weniger, als die rothen, gebrochen werden, und daher ausser dem rothen Felde des Farbenbildes aufs Thermometer wirken (Gilbert's Annalen. VII. 2. S. 137). S. unten Wärme.

Die blauen Stralen bringen Canton's Lichtmagnet viel stärker zum leuchten als die rothen. Englefield in Gilbert's Annalen. XII. 4. 399.

Daraus

Daraus erklärt sich auch, daß die rothen Stralen am stärksten erwärmen, die violetten am wenigsten. Nach Herschel (Gilberts Annalen. VII. 2. S. 144) stieg das Thermometer binnen 10 Minuten in den rothen Stralen um $6\frac{7}{8}^{\circ}$, in den grünen um $3\frac{1}{4}^{\circ}$, in den violetten um 2°.

Doch geht keineswegs die Intensität des Lichts in den verschiedenen Arten des farbigten Lichts vom rothen Lichte zum violetten herab; sondern die **orangefarbenen** Stralen erleuchten mehr, als die **rothen**, und noch mehr die **gelben**. Das **Maximum** der Erleuchtung liegt im hellesten **Gelb** und im blassesten **Grün**. Das Grün selbst ist beinahe so hell, als das Gelb: hinter dem vollen tiefen Grün nimmt die Erleuchtung sehr merklich ab. Die **blauen** Stralen leuchten ungefähr so stark, als die rothen: sehr viel weniger die **indigfarbenen** und noch weniger die **violetten**. Herschel ebend. S. 142.

Wahrscheinlich neigt sich das Licht, indem es farbigt wird, schon zu dem Zustande der **Elektricitäten**, welche gleichsam den Uebergang vom Lichte zur Materie selbst machen. Im rothen Lichte neigt es sich am meisten zur negativen Elektricität, im violetten zur positiven. Daher die stärkere Herstellung des Hornsilbers im violetten Lichte; daher die wohlthätige Wirkung der grünen Farbe für das Auge, als der, welche zwischen den Extremen in der Mitte liegt. Daher die unsichtbaren Stralen an beiden Gränzen des Farbenbildes. Je mehr ein Stoff oxydirt ist, desto stärker wirft er das Licht zurück, je mehr er sich im entgegengesetzten Zustande befindet, desto weniger.

Nach

Nach **Joh. Gottfr. Voigt's** Theorie der Farben (**Gren's** neues Journal der Physik. III. 3. S. 235.) bestehen (indem er das Licht als aus Lichtstoff und Wärmestoff bestehend annimmt) die Farben in den verschiedenen Verhältnissen der Quantität des chemisch gebundenen Wärmestoffs zum Lichtstoffe. Die Körper geben diese oder jene Farbe, je nachdem sie den Wärmestoff des Lichts mehr oder weniger binden. Verändere ich in seiner Theorie nur den Ausdruck Wärmestoff in Dehnkraft, so stimmt die hier gegebene dynamische Ansicht ganz mit der seinigen überein und die zahlreichen Thatsachen, welche er aufstellt, dienen eben so gut, jene zu bestätigen.

Indessen sind wir noch nicht im Stande, eine befriedigende Theorie des Lichts, vorzüglich in Rücksicht auf die Farben, aufzustellen; und eben so wenig ein allgemeines Gesetz zu bestimmen, nach welchem die Farben der Körper mit ihrer zu der einen (des + E) oder zu der andern (des — E) sich hinneigenden Beschaffenheit in einem bestimmten Verhältnisse stehen müßten. Die Verschiedenheiten, welche sich in Rücksicht der Farben auf die mannigfaltigste Weise durchkreuzen, sind eben so zahlreich, als die der Materie überhaupt.

§. 648.

Uebrigens leidet es wohl keinen Zweifel, daß bei einer anderen Beschaffenheit der Nervenhaut, als der regelmäßigen, auch die Farben anders empfunden werden müssen; wie denn dieses auch die Erfahrung bestätiget.

Von **Büffon's** zufälligen Farben (*diss. sur les couleurs accidentelles* in den *Mem. de l'ac. roy. des sc.*

sc. 1743. p. 147. übers. im Hamburg. Mag. I. S. 425.) S. auch Darwin's Zoonomie übers. von Brandes. Hannover 1795. 8. I. S. 30.

Verschiedene Erscheinung derselben Farbe, je nachdem sie von dieser oder jener andern umgeben ist. S. Prieur über die Farben in den *Annales de Chimie.* LIV. p. I. üb. in Gilberts Annalen der Physik. XXI. 3. S. 315.

Beugung des Lichts.

§. 649.

Wenn das Licht in der Luft an den Kanten undurchsichtiger Körper vorbeifährt, welche dichter sind, als die Luft, so weichen seine Stralen von ihrer Richtung so ab, daß sie sich mit einer Krümmung, welche nach dem Körper zu convex ist, von demselben ablenken. Man nennt dieses die **Beugung der Lichtstralen** (*Inflexio radiorum lucis*); ohne die Erscheinung bis izt befriedigend erklären zu können.

Franz Maria Grimaldi (*physico-mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque adnexis.* Bonon. 1665. 4.) hat diese Erscheinung zuerst entdeckt; Newton aber (*Optice.* III. Obs. 5. sqq. Laus. 1740. p. 258. sqq.) durch genaue Versuche näher bestimmt. Vermöge dieser Beugung wirft ein Haar oder ein feiner Drath, auf welchen durch eine feine Oefnung eines finstern Zimmers ein Sonnenstral fällt, auf weisses Papier einen Schatten; welcher breiter ist, als er beim geraden Fortgange der am Haare vorbeifahrenden

den

den Stralen seyn könnte. Sowohl Grimaldi, als Newton sahen farbigte Streifen neben und innerhalb dieses Schattens. Wenn das Licht senkrecht auf eine sehr schmale (den vierhundertsten Theil eines Zolls breite) Ritze zwischen zwischen zweien stählernen Schneiden durchfährt, so theilt es sich und läßt in der Mitte einen Schatten. ꝛc.

William Nicholson's Bemerk. in Gilbert's Annalen XVIII. 2. S. 197.

Das Auge.

§. 650.

Das zwiefache Organ, vermöge dessen wir das Licht empfinden und sehen, besteht in jeder Hälfte unseres Körpers aus einem zarten von Nervenmark gebildeten Häutchen. Dieses aber ist sowohl zur Befestigung als zum Zwecke des Sehens mit einem höchst bewundernswürdig gebildeten aus Körpern verschiedener Art zusammengesetzten Gehäuse verbunden, welches das **Auge** (*Oculus*), auch im Gegensatze der anderen zu ihm gehörenden Theile der **Augapfel** (*Bulbus* oculi) heißt.

Wir bleiben hier bei dem menschlichen Auge stehen.

§. 651.

Das Auge liegt in der aus sieben Knochen der Hirnschaale und des Oberkiefers gebildeten pyramidalischen **Augenhöhle** (*Orbita*), deren Oeffnung die **Augenlieder** (*Palpebrae*) als häutige Falten bedecken, die vermöge gewisser Muskeln geöffnet

und

und geschlossen werden können. Die äussere Platte jedes Augenliedes geht von dem mit den **Wimpern** (*Cilia*) besetzten Rande in die zartere innere, und diese in die äusserst feine und durchsichtige **Verbindungshaut** (*Tunica coniunctiva s. adnata*) über, welche die vordere Fläche des Augapfels überzieht.

§. 652.

Der Augapfel selbst hat die Gestalt einer hohlen Kugel. Eigentlich hat der hintere grössere Theil die Gestalt einer Kugel von grösserem Halbmesser, an der vorn ein Abschnitt fehlt; der vordere kleinere Theil die Gestalt eines Abschnitts einer Kugel von kleinerem Halbmesser, welcher auf jene aufgesetzt ist. In dem hintern kleinern Theile liegen concentrisch drei Häute: 1) die **harte** oder **weisse Haut** (*Tunica sclerotica s. albuginea*), eine dicke starke und durchsichtige Haut, aus dichtem weissen Zellgewebe gebildet, wenige Adern habend, ohne Nerven, welche dem ganzen Augapfel zur Befestigung nnd den innern Theilen desselben zur Anhaltung dient; 2) die **Aderhaut** (*Tunica chorioidea*), eine dünne zarte Haut, aus dicht an einander liegenden Adern (ohne Nerven) und einem zarten Zellgewebe gebildet, welches mit einem schwarzen dicklich flüssigen Stoffe durchdrungen und vorzüglich auf der innern Fläche, überzogen ist. Sie faltet sich nach vorn in den **Faltenkranz** (*Corpus ciliare*) zusammen, dessen **Falten** (*Processus ciliares*) auf dem vor-

vordern Rande der Linse liegen. 3) Die **Nervenhaut** oder **Netzhaut** (*Tunica nervea s. retina*), eine dünne zarte sehr weiche Haut, aus durchaus gleichmäßig zusammenhängendem (nicht netzförmigen) Nervenmarke bestehend, dessen innere Fläche mit einem feinen Netz von Adern überzogen ist. Diese ist das eigentliche Organ des Sehens.

§. 653.

In dem vordern kleinern Theile ist die durchsichtige **Hornhaut** (*Tunica cornea*), eine dicke, starke, durchsichtige, Haut, welche die Gestalt eines Abschnitts einer hohlen Kugel hat, auf die für sie bestimmte fast kreisrunde Lücke der Sklerotika, ungefähr, wie ein Uhrglas auf eine Uhr, aufgesetzt und in der Sklerotika durch ein sehr derbes Zellgewebe befestigt. Hinter ihr liegt die **Regenbogenhaut** (*Iris*), welche, insbesondere auf ihrer hinteren Fläche, auch die **Traubenhaut** (*Vvea*), sonst auch die **Blendung** heißt, eben ausgespannt. Diese hat zum Eingange der Lichtstralen in der Mitte ein (im menschlichen Auge rundes) Loch, welches die **Sehe** (*Pupilla*) heißt: und besteht aus Adern und Nerven, welche von ihrem Umfange nach der Sehe hinlaufen.

§. 654.

Den größeren hinteren Theil des Auges, nämlich diejenige Höhle, welche die Sklerotika und Chorioidea und zunächst die Nervenhaut umgeben, füllet

füllet der im ganzen kuglichte, nur nach vorn etwas abgeplattete **Glaskörper** (*Corpus vitreum*) aus, welcher aus dem zarten durchsichtigen, in viele Zellen getheilten **Glashäutchen** (*Membrana hyaloidea*) und der darin liegenden durchsichtigen **Glasfeuchtigkeit** (*Humor vitreus*) besteht, die von ganz besonderer Art ist.

Die mittlere Brechung (§. 581) des Glaskörpers gegen die Luft ist nach Rochon wie 1 : 1,33.

§. 655.

An der vordern Fläche des Glaskörpers liegt die **Krystallinse** (*Lens crystallina*), ein fester durchsichtiger Körper von einem eigenen, dem Eiweißstoffe ähnlichen, Stoffe, welcher von convex-convexer Gestalt ist, dessen hintere Krümmung zu einem kleineren Halbmesser gehört, als die vordere. Sie ist in einer ebenfalls durchsichtigen häutigen Kapsel eingeschlossen, deren hinterer Theil an der Glashaut haftet, und wird durch eine durchsichtige liquide Flüssigkeit zwischen der Kapsel und ihr in der Kapsel frei erhalten.

Die mittlere Brechung (§. 581) der Linse verhält sich gegen die Luft nach Jurin wie 1 : 1,46.

Reil's Beob. über die faserige Structur derselben in Gren's Journal der Physik. VIII. S. 325.

§. 656.

Der noch übrige kleine Theil der Höhle des Augapfels, welcher vor der Linse liegt, wird durch die

die Iris in zwei Theile getheilt, welche die vordere und hintere Kammer heissen. Beide sind mit der **wäßrigen Feuchtigkeit** (*Humor aqueus*), welche ebenfalls durchsichtig ist, ausgefüllt.

Ihre mittlere Brechung verhält sich gegen die Luft nach Rochon, wie 1 : 1,29.

§. 657.

Eine gerade Linie, welche, senkrecht auf der Mitte der Ebene der Sehe stehend, von vorn nach hinten durch das Auge gehend gedacht wird, heißt die Axe des Auges.

§. 658.

In den hintern Theil des Augapfels tritt, an der innern Seite der Axe desselben, der **Sehnerve** (*Nervus opticus*) ein; ein dicker Nerve, der von einem eigenen Hügel des Gehirns (*Thalamus nervi optici*) kommend, und mit dem gleichen von der andern Seite sich verbindend, dann wieder sich von ihm trennend, durch ein **Loch** (*Foramen opticum*) der Augenhöhle in diese eingeht. Er legt schon bei dem Eingange die äussere Platte der ihn begleitenden harten Hirnhaut ab, welche Beinhaut der Augenhöhle wird; indem er durch die Sklerotika und Chorioidea in den Augapfel tritt, legt er auch die innere Platte der harten Hirnhaut ab, welche sich mit der Sklerotika durch Zellgewebe verbindet und breitet dann sein Nervenmark in die Nervenhaut (§. 652) aus. Neben dem Eintritte

des

des Sehnerven, gerade in der Axe des Auges, hat die Nervenhaut einen rundlichen, gelblichen Fleck, an dessen Stelle dieselbe, eine geschlängelte Falte bildend, vertieft ist, und sogar ein kleines Loch zu haben scheint.

§. 659.

Die Blendung des Auges (fig. 115.) (die Linie mn stellt sie im Profildurchschnitt vor) ist so eingerichtet, daß sie bei starkem Lichte breiter wird, also die Sehe verengert, bei schwachen Lichte schmaler wird, also die Sehe erweitert. Dadurch wird erreicht, daß das Auge allemal eine seiner Empfindlichkeit angemessene Quantität von Licht erhält.

Die nähere Untersuchung dieser merkwürdigen Erscheinung gehört in Physiologie des Organismus.

§. 660.

Die anatomische Untersuchung des Auges, und die Vergleichung seines Baues mit der Einrichtung optischer Werkzeuge zeigt, daß auf der Nervenhaut desselben dioptrische Bilder (§. 601) der Gegenstände entstehen.

Es sey (Tab. VII. fig. 124.) in AB ein Gegenstand. Von dem Puncte C fällt der Stralenkegel dCe auf die Hornhaut mden. Da die Hornhaut und die wäßrige Feuchtigkeit dichter sind, als die Luft, so werden die Stralen nach dem Einfallslothe hingelenkt, wodurch ihre Divergenz schon vermindert wird, und sie der Axe genaue näher kommen. Da die Concavität der Hornhaut ihrer Convexität wenigstens beinahe parallel ist,

so kann man die Aenderung der Richtung, welche die Stralen etwa in der Hornhaut erleiden, bei Seite setzen (§. 619); und hat nur auf die wäßrige Feuchtigkeit Rücksicht zu nehmen, welche die Stralen im Verhältniß 1 : 1,29 bricht. Diejenigen, welche auf die Blendung fallen, werden zurückgeworfen; die, welche in die Sehe gelangen, fallen auf die Krystallinse, und werden bei dem Eintritt in dieselbe, da sie dichter ist, als die wäßrige Feuchtigkeit, im Verhältniß 1,29 : 1,46 nach dem Einfallslothe hingelenkt, wodurch sie der Axe noch näher kommen. Bei dem Ausgange aus derselben und dem Uebergange in den Glaskörper werden sie, zwar nicht so viel, als wenn sie in Luft führen, aber doch im Verhältnisse 1,46 : 1,33 von dem Einfallslothe abgelenkt, wodurch sie der Axe noch näher kommen und zu dem Grade von Convergenz gelangen, daß sie im Puncte c auf der Nervenhaut zusammenkommen. Eben so entsteht vom Puncte A über der Axe des Auges ein Bild im Puncte a unter der Axe, vom Puncte B unter der Axe ein Bild im Puncte b über der Axe, und so vom ganzen Gegenstande ein Bild auf der Nervenhaut.

§. 661.

Der Glaskörper hat bei diesen Brechungen nicht nur den Nutzen, die aus der Linse ausfahrenden Stralen so zu brechen, daß sie nicht so nahe hinter der Linse zusammenkommen, als wenn sie in Luft führen, sondern vermöge der Verschiedenheit seines Stoffs von dem der Linse auch den, die Farbenzerstreuung aufzuheben (§. 643).

§. 662.

§. 662.

Das Bild eines Gegenstandes im Auge ist aber freilich nicht etwas objectives, sondern eine subjective Veränderung in der Nervenhaut, welche mit der subjectiven Veränderung des Geistes in der Anschauung zusammenhängt, durch welche die Anschauung des Gegenstandes bedingt wird. Wir schauen nicht dieses Bild, sondern den Gegenstand ausser uns an, obwohl diese Anschauung von der Entstehung, Grösse, Gestalt, Farbe etc. des Bildes abhängt, das auf der Nervenhaut entsteht.

§. 663.

Die Untersuchung des Auges und die Kenntniß der Gestalt und Lage seiner brechenden Mittel lehrt, daß das Bild eines Gegenstandes auf der Nervenhaut allemal gegen den Gegenstand verkehrt stehen müsse. Es ist aber nicht schwierig einzusehen, daß wir deshalb dennoch die Gegenstände ausser uns in der Stellung sehen, in der sie sich, nach dem Gefühle zu urtheilen, wirklich befinden, eben weil wir die Gegenstände und nicht die Bilder auf der Nervenhaut anschauen (§. 662), und, was die Bilder betrifft, ja alle Bilder auf der Nervenhaut eben das räumliche Verhältniß zu einander haben, welches die Gegenstände zu einander haben. Und nicht schwieriger ist es, einzusehen, daß wir mit zwei Augen den Gegenstand doch nur einfach sehen.

§. 664.

Wie die erhabenen Gläser (§. 601) bestimmte Bildweiten haben, die von der Convexität des Glases und der Entfernung des Gegenstands abhängen, so hat auch die Krystallinse für jeden Gegenstand von bestimmter Entfernung eine bestimmte Bildweite, und es kann mithin nur von einem solchen Gegenstande ein Bild auf die Nervenhaut fallen, der in einer bestimmten Entfernung vom Auge liegt. Man nennt diese die **deutliche Seheweite**; sie beträgt bei einem gesunden Auge 8 bis 10 Zolle.

§. 665.

Indessen ist unser Auge bei weitem nicht so beschränkt auf eine genau bestimmte Entfernung des Gegenstandes, als ein lebloses optisches Werkzeug, und ein gesundes Auge kann noch in beträchtlich **verschiedenen** Entfernungen der Gegenstände deutlich sehen. Der Grund davon ist schwierig einzusehen, ungeachtet die Zergliederung uns den Bau des Auges schon sehr genau bekannt gemacht hat.

Wahrscheinlich wirken bei dem Anschauen entfernterer Gegenstände, deren Bilder zu nahe hinter die Linse fallen, die vier Augenmuskeln, indem sie sich zugleich zusammenziehen, eine Verkürzung des Augapfels, wodurch das Bild, welches ohnedem vor die Nervenhaut fallen würde, auf dieselbe fällt. Henr. Wilh. Matth. Olbers *de oculi mutationibus internis*. Goett. 1780. 4. Dieses macht auch eine sehr merkwürdige Ein-

Einrichtung am Auge des Seehunds merkwürdig. S. Blumenbach's Handbuch der vergleichenden Anatomie. Gött. 1805. S. 383.

Von andern möglichen Veränderungen in dem Stralenkörper, der Linse rc. Henr. Pemberton *de facultate oculi, qua ad diversas rerum conspectarum distantias se accommodat.* L. B. 1719. Recus. in Hall. *coll.* VII. p. 137. Jo. Christ. Reil resp. I. G. Sattig *de lentis crystallinae structura fibrosa.* Halae 1794. 8. Gren's Journal der Physik. VIII. 3. St. S. 326.

§. 666.

Ein kurzsichtiges Auge (Oculus *myops*) sieht die Gegenstände in der Sehweite eines gesunden Auges nicht deutlich, sondern erfordert eine größere Nähe derselben, so daß die von jedem Puncte des Gegenstandes kommenden Stralen mehr divergiren. Der Grund davon liegt 1) einestheils in der natürlichen Bildung des Auges, a) zu großer Vollsaftigkeit desselben, wodurch das Auge von hinten nach vorn länger wird, so daß die Bilder ferner Gegenstände vor die Nervenhaut fallen, oder b) zu gewölbter Linse, zu gewölbter Hornhaut, wodurch die Bildweite verkürzt wird; 2) anderntheils in der Gewöhnung des Auges an sehr nahe Gegenstände, wodurch es eine mehr divergirenden Stralen angemessene Stellung seiner Theile erhält.

Ein solches Auge sieht entferntere Gegenstände deutlicher durch ein Hohlglas (§. 612), indem ein solches die Stra-

Stralen zerstreuet, so daß die von jedem Puncte des entfernteren Gegenstandes kommenden fast parallelen Stralen hinlänglich divergiren. Aber das Auge wird dadurch immer mehr an divergirende Stralen gewöhnt, und daher immer kurzsichtiger. Soll dieser Nachtheil so klein, als möglich, seyn, so muß man für sein Auge ein Hohlglas wählen, dessen Krümmung so gering (dessen Halbmesser so lang) ist, daß sie nur eben zur Deutlichkeit hinreicht.

§. 667.

Auch ein weitsichtiges Auge (Oculus *presbyops*) sieht die Gegenstände in der Seheweite eines gesunden Auges nicht deutlich, sondern nur dann, wenn sie entfernter liegen, so daß die von jedem Puncte ins Auge kommenden Stralen beinahe parallel sind. Der Grund davon liegt 1) einestheils in der natürlichen Bildung des Auges, a) in zu kleiner Quantität der Feuchtigkeiten, wodurch das Auge von hinten nach vorn kürzer wird, so daß die Stralen, welche, von einem Punct eines nahen Gegenstandes kommend, stark divergiren, also nach dem Durchgange durch die Linse wenig convergiren, sich noch nicht in ein Punct vereinigt haben, wenn sie die Nervenhaut erreichen, oder b) zu flacher Linse, zu flacher Hornhaut, wodurch die Bildweite verlängert wird; 2) anderntheils in der Gewöhnung des Auges an entferntere Gegenstände, wodurch es eine den fast parallelen Stralen angemessene Stellung seiner Theile erhält.

Ein

Ein solches Auge sieht nähere Gegenstände deutlicher durch ein erhabenes Glas (§. 591. b), indem ein solches die Stralen versammelt, so daß die von jedem Puncte des nähern Gegenstandes kommenden Stralen fast parallel werden ꝛc.

§. 668.

Ein entfernteres Punct wirft auf die Hornhaut unseres Auges einen Stralenkegel, dessen Stralen unter einem kleineren Winkel divergiren, ein näheres einen, dessen Stralen unter einem größeren divergiren. Durch die öftere Vergleichung der verschiedenen Empfindung, welche mehr oder weniger divergirende Stralen in unserem Auge machen, und die Vergleichung derselben mit der verschiedenen Entfernung der Gegenstände erlangen wir eine gewisse Fertigkeit, den scheinbaren Ort (§. 534) eines Gegenstandes in Rücksicht seiner Entfernung von unserem Auge zu bestimmen, indem wir den Ort jedes Punctes in demselben dahin setzen, woher die Stralen vermöge des Grades ihrer Divergenz zu kommen scheinen.

§. 669.

Wenn wir ein Punct mit beiden Augen zugleich ansehen, so richten wir beide Augenaxen zugleich auf dieses Punct. Dann urtheilen wir über den Ort desselben auch nach dem Winkel, welchen beide Augenaxen mit einander machen, und welcher bei einem näheren Puncte größer, bei einem entfernteren kleiner ist.

§. 670.

Wie alle Empfindung, in so fern sie in einer gewissen Bewegung im Organismus besteht, nach dem Gesetze der Trägheit (§. 84) eine Zeitlang fortdauern muß, wenn gleich die Kraft, von der sie abhängt, nicht mehr wirkt (sogenannte *Impressio remanens*), so findet auch im Auge eine **Beharrung der Empfindung des Lichtes** Statt, welche wenigstens eine halbe Secunde dauert. Wenn eine glühende Kohle im Finstern im Kreise umgeschwungen wird, so daß der ganze Umschwung nur eine halbe Secunde dauret, so erscheint dem Auge ein leuchtender Kreis.

Daher könnten nach den Vertheidigern des Emanationssystems (§. 509) die Lichtstralen aus discreten Theilchen bestehen, welche mehrere tausend Meilen von einander entfernt wären und dennoch dem Auge als stetig erscheinen.

Jo. Andr. Segner *de raritate luminis*. Goetting. 1740. 4.

Anm. In den hier vorkommenden optischen Zeichnungen sind nur deswegen die äussersten Stralen der Stralenkegel so stark aus einander fahrend gezeichnet, damit man sie leichter unterscheiden könne. Man muß dieses, nachdem man die Erklärungen und Beweise, für welche sie bestimmt sind, eingesehen hat, in Gedanken berichtigen, und in Rücksicht auf die krummen Spiegel und Gläser sich nur solche Stralen denken, welche sehr nahe

nahe bei der Axe laufen, in Rücksicht auf das Auge nur solche, welche in die Sehe fallen.

* * *

Optiks by Isaac Newton. London 1701. 4. *Optice s. de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis* libri III. auct. Isaaco Newton. Lat. redd. Samuel Clarke. Laus. et Genev. 1740. 4. Leonard. Euler *nova theoria lucis et colorum* in dess. *Opusc. varii argum.* Berolin. 1746. 4. p. 169. sqq. Jo. Henr. Lambert *Photometria s. de mensura et gradibus luminis, colorum et vmbrae.* Aug. Vindelic. 1760. 8. *Treatise on the eye, the manner and phenomena of vision by* W. Porterfield. Edinburgh 1759. II. Vol. 8. Vollständiger Lehrbegriff der Optik nach dem Engl. des Robert Smith mit Anm. und Zus. von A. G. Kästner. Altenb. 1755. 4. Wencesl. Joh. Gustav Karsten's Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Siebenter Theil. Die Optik und Perspectiv. Greifsw. 1775. Achter Theil. Die Photometrie. Ebend. 1777. 8. Jos. Priestley Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik. Aus d. Engl. mit Anm. von Georg Simon Klügel. Leipz. 1776. 4. Grundlehren der Photometrie von Karl Christian Langsdorf. Erste Abth. Erlang. 1803. Zweite. 1805. 8.

Eilf.

Glühen, die Glühehitze, ihn selbst also glühend. Den Namen Feuer (*Ignis*) gebrauchen die ältern Physiker für synonym mit Wärme, auch für die Ursache derselben; einige Neuere nur für die Glühehitze.

§. 676.

Das allgemeine Bestreben nach Gleichgewicht in der Natur zeigt sich auch in der Wärme. Wenn ein wärmerer Körper einen kälteren berührt, so wird der wärmere erkältet, der kältere erwärmt, bis beide gleich warm sind. Das Warmwerden kalter Körper entsteht großentheils auf diese Weise. Allein wir sehen auch in vielen Fällen kalte Körper plötzlich warm werden, ohne daß ihnen von wärmeren Körpern Wärme mitgetheilt worden wäre; warme Körper plötzlich kalt werden, ohne daß ihnen durch kältere Körper Wärme entzogen worden wäre. Wir unterscheiden daher **freie** und **gebundene** Wärme.

§. 677.

Eine allgemeine Wirkung der Erwärmung ist **Ausdehnung**, oder Vermehrung des Volumens, mithin allgemeine Wirkung der Erkältung, Zusammenziehung oder Verminderung des Volumens. Daher vermehrt auch die Erwärmung das specifische Gewicht (§. 326), die Erkältung mindert es. Alle uns bekannte Stoffe sind diesem Gesetze unterworfen.

Weingeist, Quecksilber, ꝛc. steigen in gläsernen Röhren höher, indem man sie erwärmt.

Auch

Auch die Metalle, obwohl die dichtesten Stoffe, werden durch Erwärmung ausgedehnt, aber in sehr ungleichem Verhältnisse.

Diese Ausdehnung merklicher zu machen, dient ein von John Ellicott (*descr. and manner of using an instrument for measuring the degrees of the expansion of metals by heat* in den *philos. transact.* N. 443. p. 297.) angegebenes Werkzeug. Eine eiserne Stange, welche an einem Ende befestigt ist, hat am andern Ende eine Uhrkette, welche in einer gewissen Richtung um eine Welle gewunden ist. Ein Gewicht strebt mittelst einer Schnur diese Welle in entgegengesetzter Richtung umzudrehen. Wie die Stange durch untergesetzte brennende Weingeistlampen erhitzt wird, so verlängert sie sich, giebt nach und das Gewicht drehet die Welle. Die Drehung des Umfangs der Welle beträgt so viel, als die Verlängerung der Stange. Um aber dieses merklicher zu machen, und genau messen zu können, geht von der Welle ein einarmigter Hebel aus, von dessen Ende wieder eine Kette um eine zweite Welle geht. Wenn dieser Hebel 10mal länger ist, als der Halbmesser der ersten Welle, so bewegt das äussere Ende des Hebels und mithin der Umfang der zweiten Welle sich durch 10°, wenn der Umfang der ersten Welle sich durch 1° bewegt. Von der zweiten Welle geht ein Zeiger aus; indem die zweite Welle sich durch 10° bewegt, so bewegt sich das äussere Ende dieses Zeigers durch 100°. Auf die eiserne Stange kann man eine zweite von Silber, Kupfer, Eisen etc. legen: diese bewegt auf die gleiche Weise einen anderen Zeiger. Wenn man nun die untere Stange jedesmal auf den gleichen Grad erhitzt, so kann man vergleichen, um wie viel bei diesem Grade die darauf liegende Stange von Silber,

Silber, Kupfer, Eisen ꝛc. erhitzt werde. Smeaton (*descr. of a new pyrometer* in den *philos. transact.* Vol. 48. P. II. for. 1754. n. 79.) Herbert (*de igne.* Vienn. 1773. 8.) und andere haben ähnliche Versuche angestellt. Die Länge der Stangen bei dem Eispuncte zu 100000 gesetzt, werden die Metalle ausgedehnt um (Hunderttausendtheile)

	Nach Ellicot	Smeaton	Herbert
Stahl	56	122	—
Eisen	60	125	107
Kupfer	89	170	156
Messing	95	193	127
Gold	73		
Silber	103		189
Zinn		248	212
Blei	153	286	262

Experiences faites a Quito, sur la dilatation et la contraction, qui souffrent les metaux par le chaud et le froid par Mr. Bouguer in den *Mem. de l'ac. roy. des sc.* 1745. *p.* 230.

Anwendung auf die rostförmigen Pendel (§. 265).

§. 678.

Doch werden im allgemeinen flüssige Körper durch die Wärme leichter, schneller und mehr ausgedehnt, als feste, wie sich aus der Natur der Flüssigkeit (§. 167) leicht begreifen läßt. Daher wird auch durch Erwärmung und Erkältung ihr specifisches Gewicht beträchtlicher vermehrt und vermindert, als das der festen.

Hohle Glaskügelchen, die in kaltem Weingeiste schwimmen, sinken in heissem unter.

Wenn

Wenn in einem Liquidum einige Theile mehr als andere erwärmt werden, so steigen die wärmern Theile als spec. leichter in den kälteren auf. Daher die Strömungen in liquiden Flüssigkeiten, welche nach und nach erwärmt werden. Parrot über die Strömungen in erwärmten Flüssigkeiten in Gilbert's Annalen der Physik. XIX. 4. S. 450.

§. 679.

Der Grad der Ausdehnung liquider Körper ist für einerlei Temperatur bei den verschiedenen Stoffen wieder sehr verschieden.

Nach G. G. Schmidt's Versuchen (Gren's neues Journal der Physik. I. S. 216.) wird das Volumen, bei 15° R. = 1 gesetzt, von 15° bis 45° R. vermehrt:

bei Wasser um	0,01328
Weingeist (spec. Gew. 0,827)	0,03973
Terpentinöl	0,03708
Baumöl	0,03019
Kalilauge (4 Th. Wasser, 1 Th. Salz)	0,01512
Salzlauge (—)	0,01545
dopp. Scheidewasser (spec. Gew. 1,170)	0,02460
Vitriolöl (spec. Gew. 1,893)	0,02340

Quecksilber wird vom Eispuncte des Wassers bis zum Siedepuncte ausgedehnt um

0,0185 nach de Luc
0,0168 — Roy
0,017583 — Hallström

Gilbert's Annalen XVII. I. S. 107.

Wasser nimmt nach de Luc vom Eispuncte bis zum Siedepuncte um 0,045176 seines Volumens zu; Weingeist um 0,087.

Sehr

Sehr merkwürdig ist das Gesetz (de Luc über die Atmosphäre. I. §. 419. d. e. Graf von Rumfords Bemerk. in Gilbert's Annalen der Phys. I. 4. S. 436. XX. 4. S. 369.), nach welchem das Wasser, dem Eispuncte sich nähernd, sich viel weniger verdichtet, als andere liquide Körper. Die Verdichtung beim Erkalten von 212° bis 189½° Fahr. verhält sich zu der beim Erkalten von 54,5° bis 32° Fahr.

beim Olivenöl wie	1,14 zu 1
— starken Weingeist	1,29 zu 1
— Wasser gesättiget mit Seesalz	1,38 zu 1
— reinen Wasser	90 zu 1

Nach Dalton (Vers. über die Ausdehnung des Wassers durch die Warme in Gilberts Annalen. XIV. 3. 293.) hat das Wasser bei 42,5° Fahrenh. oder 4,7°. Reaum. die größte Dichtigkeit, so daß ein Wasserthermometer nicht tiefer fallen kann. Unter diesen Grad erkaltend wird es wieder ausgedehnt, so daß es bei 32° noch vor dem Gefrieren und bei 53° gleichviel Volumen zeigt. Dieser scheinbare Widerspruch löset sich auf, wenn man einsieht, daß beim Gefrieren des Wassers dasselbe zum Theil fest, zum Theile aber (auch wohl ausgekochtes) zu Luft wird, und die Lufterzeugung schon vor dem Gefrieren anfängt. S. unten: Wasser.

G. G. Hallstroem, resp. Palander *diss. de methodis inveniendi dilatationes liquidorum a calorico.* Aboae. 1801. Gilbert's Annalen der Physik. XIV. 3. S. 297. Dalton's neue Behauptung, daß das Wasser bei 32° Fahr. die größte Dichtigkeit habe s. ebend. XX. 4. S. 392. XXI. 4. S. 458.

§. 680.

§. 680.

Vorzüglich wird Luft, viel mehr, auch viel schneller, als liquide Körper, ausgedehnt.

Atmosphärische Luft, welche bei dem Eispuncte des Wassers den Raum von einem Kubikzolle einnimmt, dehnt sich bis zur Weißglühehitze des Eisens auf vier Kubikzolle aus. Robins neue Grundsätze der Artillerie übers. von Euler. Berlin 1745. 8. S. 963.

Wie viel die atmosphärische Luft nach den bis jezt angestellten Beobachtungen vom Eispuncte bis zum Siedepuncte ausgedehnt werde, zeigt folgende Tabelle, deren erste Columne das Volumen der Luft beim Eispuncte = 1000 sezt, deren andere angiebt, um wie viel größer das Volumen bei dem Siedpuncte des Wassers sey.

Eispunct	Siedpunct	Beobachter:
1000	1400	Amontons
1000	1375	Lambert
1000	1437,4	Shukburgh
1000	1484,21	Roy
1000	1403	de Luc
1000	1339	de Saussüre
1000	1381	Kramp
1000	1848	Vandermonde, Berthollet und Monge
1000	1321	Dalton
	1393,3	— Nach Gilbert's Corr.
1000	1375	Gay-Lussac
	1382	— Nach Gilbert's Corr.
1000	1382	Luz
1000	1357,4	G. G. Schmidt

Amontons *discours sur quelques propriétés de l'air* in den *Mem. de Paris* 1703. **Lambert's** Pyrometrie.

rometrie. S. 47. §. 89. *Philos. transact.* Vol. 67. p. 363. 689. de Luc Unters. über die Atmosphäre. II. S. 83. de Saussure Hygrometrie. §. 113. S. 129. Kramp Gesch. der Aerostatik. I. S. 112. Gehlen's phys. Wörterb. III. S. 18. Vandermonde et Monge *memoire sur le fer* in den *Mem. de l'ac. des sc.* 1786. p. 36. Gay-Lussac über die Ausdehnung der Gasarten durch die Wärme in Gilberts Annalen der Phys. XII. 3. S. 281. Luz Beschr. aller Barometer. Nürnb. 1784. S. 416.

§. 681.

Aber die Ausdehnung für denselben Grad der Erwärmung ist bei den **verschiedenen Luftarten** verschieden.

Priestley's Vers. und Beob. über verschiedene Gattungen der Luft. III. S. 322. Prieur du Vernois Versuche beschrieben von de Morveau in den *Annales de Chimie.* I. p. 256. übers. in Gren's Journal der Physik. I. S. 399.

Nach den vollkommenern Versuchen von G. G. Schmidt (über die Vermehrung der Elasticität und die Ausdehnung einiger Luftarten durch die Wärme in Gren's n. Journ. der Physik. IV. 3. S. 370.) beträgt die Ausdehnung, den Raum bei dem Eispunct des Wassers = 1 gesetzt, von 0° bis 80° des 80theil. Quecksilber-Thermometers, bei

Atmosphärischer Luft	0,3574
Lebensluft	0,3213
Brennbarem Gas	0,4400
Kohlensaurem Gas	0,4352
Stickgas	0,4787

Nach

Nach Gay-Lussac (Gilberts Ann. XII. 3. S. 289.) und Dalton (ebend. S. 315) werden alle Gasarten und Dämpfe durch gleiche Grade von Wärme verhältnißmäßig gleich ausgedehnt.

§. 682.

Die Ausdehnung einer und derselben Luftart durch Erwärmung ist wieder verschieden nach dem verschiedenen Grade ihrer **Dichtigkeit**, nicht nur in so fern diese durch Zusammendrückung bestimmt wird, sondern auch, in so fern sie von dem **Wärmegrade** abhängt, in dem die Luft sich vorher schon befand. Daher ist die Ausdehnung einer Luftart gemeiniglich nicht gleichmäßig von Grad zu Grad.

Nach Roy's Versuchen, nach welchen Luft von der mittleren Dichte der Atmosphäre vom Eispunct bis zum Siedpunct des Wassers um 0,48421 ausgedehnt wird, wird sie, wenn sie $\frac{5}{6}$ der Dichte der Atmosphäre hat, nur um 0,48400 und wenn sie nur $\frac{1}{6}$ der Dichte derselben hat, nur um 0,14150 ausgedehnt.

Nach eben diesen Versuchen wurde die Luft vom 52° bis zum 72° Fahrenheit am meisten ausgedehnt; das Maximum schien bei 57° zu seyn. Nach du Vernois beträgt die Vermehrung des Volumens atmosphärischer Luft

von	0°	bis	20°	R.	0,0789
—	20°	—	40°	—	0,1781
—	40°	—	60°	—	0,4004
—	60°	—	80°	—	0,2794

S. auch Schmidt's oben angef. Versuche und die im folg. §.

§. 683.

Und endlich ist für eine und dieselbe Luftart die Ausdehnung bei gleichem Grade der Erwärmung ungleich, je nachdem sie mehr oder weniger feucht ist d. h. Wasserdunst eingemengt enthält). Je feuchter die Luft ist, desto mehr wird sie, zumal in den höheren Wärmegraden, ausgedehnt. Daher muß die Quantität der Ausdehnung jeder Luftart für einen bestimmten Wärmegrad im ganz trocknen Zustande derselben gemessen werden.

Nach G. G. Schmidt (über die Ausdehnung der trocknen und feuchten Luft durch die Wärme in Gren's Journal der Physik. IV. 1. S. 320.) ist, den Raum bei der Eiskälte = 1 gesetzt, bei gemeiner Luft

Wärmegrad	Raum der trockenen Luft	Raum der feuchten Luft
0°	1,000	1,000
40°		1,42.
80°	1,523.	2,3
120°	1,711	2,00
160°	1,93	1,90
200°	2,024	2,075

Daß in den über den Siedpunct hinausgehenden Hitzgraden die Ausdehnung der feuchten Luft gegen die trockene nicht im gleichen Verhältnisse zunahm, ja bei 160° sogar abnahm, ist dem zuzuschreiben, daß in diesen Graden der Wasserdunst elastischer wurde, als die Luft, mit welcher er vermengt war, also vorzugsweise aus dem Gefäße herausgieng, so daß die zurückgebliebene Luft

Luft viel weniger feucht war, als die ganze vor dem Versuche. S. §. 686.

Seine Versuche mit Ciarcy's Dampfbarometer (Tab. VII. fig. 126.) (indem das Wassergefäß k weggelassen und die Luft in h ausgetrocknet oder befeuchtet wurde) statt des Wasserdampfs mit Luft gefüllt, angestellt, ergaben für die

	Expansivkraft der	
	trockenen Luft	feuchten Luft
0°	21,02	21,02
10°	21,96	22,15
15°	22,43	22,62
20°	22,90	23,38
25°	23,37	24,09
30°	23,84	25,06
35°	24,31	26,02
40°	24,78	27,27
45°	25,25	28,71
50°	25,71	30,12
55°	26,18	31,80
60°	26,65	35,59
65°	27,12	37,35

§. 684.

Die Wärme vergrößert die specifische Elasticität der Luft, mithin, wenn eine gewisse Quantität Luft ist eingesperrt worden, auch die absolute derselben (§. 418. 421). Daher drückt Luft, welche, im Gleichgewichte mit der äussern stehend, in einem Behälter eingesperrt worden, wenn sie erwärmt wird, viel stärker gegen die umgebenden Wände

Wände des Behälters, als vorher, und kann, bei starker Erhitzung, dieselben endlich zersprengen. Sperrendes Wasser oder Quecksilber, das vorher ruhig in dem Halse des Behälters stand, wird, wie man die Luft erhitzt, hinabgedrückt. Wasser in Röhren stehend, so daß es sich zwischen eingesperrter und äusserer Luft befindet, wird, wie die eingesperrte erwärmt wird, nach aussen, endlich ganz hinausgeschoben (§. 393); und überhaupt muß, wenn eingesperrte Luft erwärmt wird, alles so erfolgen, wie es der verstärkten Elasticität derselben gemäß ist (§. 392 — 395).

Die durch Erhitzung der enthaltenen Luft ausgespannte Harnblase.

Der durch Erhitzung getriebene Heronsball (§. 393), auch Lichterbrunnen genannt, wenn die Erhitzung durch brennende Kerzen bewirkt wird.

§. 685.

Daher ist in der Anwendung des **Mariottischen Gesetzes** (§. 414) allemal Luft von einerlei Wärmegrade zu vergleichen.

§. 686.

Wenn der Behälter, in welchem Luft erwärmt wird, offen ist, so tritt, wegen der vermehrten Elasticität, Luft aus demselben heraus, so lange bis die innere und äussere Luft gleiche absolute Elasticität haben (§. 392 b.) Dadurch aber wird die innere Luft **verdünnt** (§. 389): und es erfolgen bei der

der Abkühlung eben solche Wirkungen, als wenn die Luft durch die Luftpumpe verdünnt worden wäre (§. 397—399).

Wenn z. E. von vier Kubikzollen Luft, die ein Behälter bei einem Wärmegrade w (z. E. Eispunct) enthielt, durch Erhitzung bis zum Wärmegrade W drei herausgetrieben sind, so füllt dennoch der noch übrige eine Kubikzoll, so lange der Wärmegrad W beharret, den Raum des ganzen Behälters aus, und drückt eben so stark gegen die äussere kalte Luft, als vorher die viere in demselben Raume gedrückt haben. Wenn aber der Behälter wieder auf den Grad w abgekühlt wird, so drückt die äussere Luft jene innere wieder auf den Raum eines Kubikzolls zusammen, indem wieder drei Kubikzolle der äusseren (eiskalten) Luft hineindringen. Ist die Mündung des Behälters von unten mit Wasser gesperrt, so dringen die drei Kubikzolle durchs Wasser heraus; bei der nachfolgenden Abkühlung schiebt die äussere Luft so lange Wasser hinein, bis die innere Luft wieder auf den Raum eines Kubikzolles eingeschränkt und die übrigen drei Kubikzolle mit Wasser ausgefüllet worden.

Darauf gründet sich Schmidt's Verfahren (Gren's neues Journal der Physik. IV. 1. S. 325) die Vermehrung des Volumens der Luft durch die Wärme zu messen. Eine hohle messingene Kugel, (in der ein Thermometer stehen kann,) enthalte beim Eispuncte eine Quantität Luft L. Man erhitze sie nach und nach, so geht, nach Verhältniß der zunehmenden Elasticität, ein Theil x derselben heraus, indem der andere Theil l zurückbleibt. Dieser Theil l füllt aber während der Erhitzung den ganzen Kugelraum K aus, da er hingegen in der Eiskälte nur den Theil k desselben ausfüllt.

füllt. Das Verhältniß $\frac{K}{k}$ drückt die Vermehrung des Volumens aus. Um es zu finden, verschliesse man, nachdem der Kugelraum einen gewissen Hitzgrad erlangt hat, die Mündung derselben schnell mit einer luftdicht schliessenden Schraube, tauche sie mit nach unten gekehrter Mündung in heisses Wasser, kühle dieses bis zum Eispunct ab, damit die Luft l sich auf den Raum k zusammenziehe, und öffne die Kugel. Das durch den äussern Luftdruck hineingetriebene Wasser füllt den Raum K — k aus. Man wäge in der Kugel sein Gewicht y, dann das Gewicht W des die ganze Kugel ausfüllenden Wassers, so hat man das Gewicht w (= W — y) des fehlenden Wassers, dessen Volumen = k ist, also $\frac{W}{w}$; da bei einerlei Stoff die Volumina sich, wie die Massen verhalten, so hat man eben dadurch auch $\frac{K}{k}$.

Sollte die Luft trocken untersucht werden, so wurde sie vorher mit heissem Kali ausgetrocknet; sollte sie feucht untersucht werden, so wurde die Kugel inwendig befeuchtet (§. 683).

Eine andere Art des Messens besteht darin, die in einer Retorte bei einem bestimmten Wärmegrade w enthaltene Luft durch Erwärmung bis auf einen bestimmten höheren Wärmegrad W auszudehnen und, indem der Retortenhals in eine mit Quecksilber gefüllte Wanne ragend gesperrt ist, die dabei aus der Retortenmündung entweichende Luft in einem mit Quecksilber gefüllten Recipienten aufzufangen; dann diese ausgetretene Luft, nachdem sie bis auf den Wärmegrad w wieder abgekühlt worden, zu messen. Das Volumen der ausgetre-

getretenen Luft bei w sey = x, das der ganzen bei w sey = L, so verhält sich das Volumen der Luft bei W zu dem bei w wie L : (L — x).

Die Montgolfieren (§. 426).

Die Wirkung der Schröpfköpfe.

§. 687.

Wenn erwärmte Luft sich im freien, d. h. nur mit atmosphärischer Luft umgeben befindet, so steigt sie, als specifisch leichter (§. 677), in derselben auf (§. 354. 384); dagegen dringt von allen Seiten die kältere dichtere Luft in ihre Stelle. Eben dieses erfolgt aber auch, wenn kältere und wärmere Luft in einem Behälter eingesperrt sind, so lange bis sie gleichen Wärmegrad haben.

Der Luftzug in Caminen, Windöfen, Schächten ꝛc.

Die entgegengesetzten Luftströme in Oeffnungen inwendig heisser Behälter, die nur eine Oeffnung haben.

§. 688.

Einige feste Körper reissen in der Hitze, d. h. es entstehen Spalten in ihrer Masse, welche dann entweder durchaus gehen, und das Ganze in mehrere Theile trennen, oder nur auf einen Theil der Dimension, nach welcher sie gehen, sich erstrecken. Der Grund davon liegt (wie bei Kalksteinen, feuchtem Thon ꝛc.) entweder darin, daß durch die Hitze Wasserdunst, Gasarten ꝛc. entbunden werden, welche durch ihre Expansivkraft diese Wirkung leisten, oder (wie bei dickem Glase, Steingut ꝛc.) in der

ungleich-

ungleichmäßigen Ausdehnung durch die Hitze, bisweilen auch in ungleichmäßiger Zusammenziehung in der Abkühlung (die schon während der Erhitzung durch Luftzug erfolgen kann).

§. 689.

Einige feste Körper **schwinden** im Feuer, d. h. sie werden im Volumen kleiner, welches dem Gesetz der Ausdehnung zu widersprechen scheint. Insbesondere gilt dieses vom Thone, der, mit Wasser befeuchtet, geknetet, rc. windtrocken gemacht, dann geglühet, sehr beträchtlich schwindet. Allein dieser Widerspruch ist nur scheinbar; der Thon an sich selbst wird eben so wohl, als andere Stoffe, durch die Wärme ausgedehnt: aber das in seinen Poren befindliche Wasser wird durch die Hitze verflüchtiget, auch die darin enthaltene Luft durch die Hitze ausgedehnt und so größtentheils hinausgetrieben; dadurch kommen die Thontheilchen mit einander in Berührung (§. 162), so daß nun das Volumen der Thonmasse kleiner wird, als vorher das Gemeng von Thon, Wasser und Luft war. Mit anderen Körpern, Mehlteig, rc. hat es eine ganz ähnliche Bewandniß. Im höheren Grade des Schwindens gerathen die Theilchen des Körpers selbst in anfangende Schmelzung, so daß sie mit einander vereinigt werden (**Zusammensintern**).

§. 690.

So liegt auch nur ein scheinbarer Widerspruch in der Erscheinung, daß das gefrierende Wasser sich

sich ausdehnt, und dieses mit ungeheurer Gewalt, so daß es nicht nur Flaschen von Glase, Steingut ꝛc. sondern steinerne Cisternen mit dicken Wänden, selbst eiserne Bomben zersprengt. Denn dieses rührt einestheils davon her, daß aus dem Wasser, indem es gefriert, sich kohlensaures Gas oder andere Stoffe entwickeln, welche, unfähig zu gefrieren, vom Wasser sich losreissen und zu Gas werden, und im reinen ausgekochten Wasser daher, daß ein Theil des Wassers selbst zu Gas wird, indem der andere Festigkeit annimmt; anderntheils ist es nur diejenige Ausdehnung nach der Länge, welche mit der Krystallisation (§. 171), als einer Wirkung des allgemeinen Magnetismus verbunden ist. (S unten das Kap. vom **Magnetismus.**) Das ganze Volumen der Wassermasse selbst wird dabei nicht vergrößert.

Williams Versuche über die ausdehnende Kraft des gefrierenden Wassers in den *Transact. of the royal soc. of Edinburgh.* II. p. 23. übers. in Gren's Journal der Phys. VII. S. 280.

§. 691.

Man hat dieses Ausdehnen der Körper durch Wärme in der Atomistik aus einem besonderen Stoffe zu erklären gesucht, den man den **Wärmestoff** (*Caloricum*, Calorique, *Materia* caloris), das **Feuer** (*Ignis*), die **Feuermaterie**, das **Feuerwesen** ꝛc. genannt hat. Man hat angenommen, der Wärmestoff sey ein flüssiger (§. 167) aus-

äusserst feiner (d. h. von äusserst schwacher Dichtigkeit), und mit expansiver Elasticität (§. 191) begabter Stoff, der zu allen anderen Stoffen Anziehung habe ꝛc. Er dringe vermöge seiner Flüssigkeit und Feinheit in die kleinsten Poren der Körper, treibe ihre Theilchen aus einander, sey dann als freier Wärmestoff mit diesen (etwa wie Wasser mit Thone) vermengt; könne aber auch mit der Materie der Körper selbst sich mischen und (wie Wasser in Salzkrystallen) gebunden werden, so daß er nun nicht wärme, d. h. nicht in andere Körper übergehe.

Boerhaave *de igne* in s. *elem. Chem.* Lips. 1732. I. p. 116. Wallerius *de differentia luminis et ignis* in s. *diss. acad.* Fasc. 1. Holm. et Lips. 1780. VIII. Pott von Licht und Feuer in s. Lithogeognosie. Potsdam 1746. I. S. 66. Marat *decouverte sur le feu* etc. Paris 1779. 8. Deutsch von Weigel. Leipzig 1783. und Dess. *recherches sur le feu.* Par. 1780. 8. Joh. Tob. Mayer über die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Erlangen 1791. 8. §. 1. fgg. Carl Christian Langsdorf Abh. über Gegenstände der Wärmelehre. Marb. 1796. 8. §. 3. Marc. Aug. Pictet *essay sur le feu.* Uebers. Tübing. 1790. 8.

§. 692.

Allein es ist gegen die Annahme eines solchen Stoffes, daß man nur warmes Wasser, warme Luft ꝛc. aber bloßen Wärmestoff schlechterdings nicht darstellen kann; und daß die Wärme auf das Gewicht der Körper nicht den mindesten merklichen Ein-

Einfluß hat, weswegen auch die, welche einen Wärmestoff angenommen, sich genöthiget gesehen haben, ihm die Schwere abzusprechen, welches dem, daß er als Stoff zu allen andern Stoffen Anziehung haben soll, widerspricht (§. 128).

Scheinbare Verminderung des Gewichts durch die Wärme in Fordyce's Versuchen mit Wasser, das er in einer hermetisch versiegelten Flasche gefrieren ließ (Crell's chem. Annalen. 1786. I. S. 161.); in Timbke's Versuchen mit einem Glaskörper, den er kalt und glühend wog (Gren's Journal der Physik. VII. S. 30). Henry's Bemerkungen in Scherer's Journal der Chemie. II. 12. S. 736.

Graf von Rumford hat durch höchst sorgfältige entscheidende Versuche bewiesen, daß die verschiedene Wärme keinen Einfluß auf das Gewicht der Körper habe. Gilbert's Annalen der Physik. V. 2. S. 206.
Lametherie. T. 52. D. p. 9.

§. 693.

Zudem ist es ganz unnöthig und überflüssig, einen eigenen Stoff für die Wärme anzunehmen, da die Wirkung der Wärme, als Wärme, keine andere, als Ausdehnung, ist, welche zu erklären, jene Grundkraft hinreicht, die wir oben Dehnkraft genannt haben. (§. 119. 120). Und hingegen erklärt die Annahme eines Wärmestoffs die Ausdehnung der Körper durch Wärme nicht, wenn man dem Wärmestoffe bloß expansive Elasticität zuschreibt, ohne weiter zu erklären, woher er diese habe.

§. 694.

Die Dehnkraft, welche in ihrem freien Zustande (§. 511) uns als Licht erscheint, kann, in der Sphäre ihrer Verbreitung Körper antreffend, von der Materie aufgehalten und angenommen werden, mit ihr sich verbinden und an ihr haften. In diesem Zustande bewirkt sie das, welches wir **Wärme** (*Calor*) nennen. Die Wärme ist demnach die an der Materie schon haftende Dehnkraft; in ihrem Ursprunge mit dem Lichte identisch, aber in ihrem Zustande von dem Lichte wesentlich verschieden.

Schon **Boerhaave** in s. meisterhaften Abh. *de igne* (S. oben §. 691) hat das unkörperliche der Wärme sehr treffend bezeichnet.

Alexander Nicol. Scherer Bemerkungen über die Natur des Wärme- und Lichtstoffs in s. Nachträgen zu den Grundzügen der neuern chem. Theorie. Jena 1796. 8.

Giebt es eine Wärmematerie oder nicht? Unters. darüber von **Humphry Davy**, dem Grafen von **Rumford** und **Will. Henry** übers. im Ergänz. Hefte zum zwölften Bande von **Gilbert's** Annalen der Physik. S. 546. (**Davy** und **Rumford** nehmen keinen Wärmestoff an; **Henry** sucht ihre Gründe zu bestreiten.) — **Prechtl** Identität des Licht- und Wärmestoffs in **Gilbert's** Annalen. XX. 3. S. 305.

§. 695.

Jede Materie hat eine gewisse Quantität von Dehnkraft, welche mit ihrer anziehenden Kraft innig vereinigt ist. Vermöge dieser ist sie Materie (§. 120); diese kann sie nicht verlieren, ohne aufzuhö-

zuhören, Materie zu seyn. Aber ausserdem kann ein Körper eine grössere oder geringere Quantität von Dehnkraft haben, die nur an seiner Materie haftet, und dadurch diese mehr und weniger ausdehnt: diese ist die Wärme.

§. 696.

Die Körper haben, sie mögen fest oder flüssig seyn, mehr oder weniger freie Wärme (§. 676), d. h. eine gewisse Quantität von Dehnkraft, die, obwohl an ihnen haftend, also nicht mehr Licht, doch in so fern frei ist, als sie ein Bestreben zeigt, sich in den Körpern gleichmäßig zu verbreiten. Vermöge dieser sind die Körper das, welches wir **wärmer** oder **kälter** nennen. **Erwärmung** heißt Vermehrung dieser freien Wärme, **Erkältung** Verminderung derselben. Wenn zwei Körper mit einander in Berührung kommen, so geht sie aus dem wärmeren zu dem kälteren über; der wärmere wird erkältet, der kältere erwärmt, bis sie in beiden gleichmäßig vertheilt ist. Mit der Zunahme und Abnahme der freien Wärme nimmt das Volumen eines Körpers, aber ohne Aenderung seiner Festigkeit und Flüssigkeit, zu und ab.

§. 697.

Zum andern enthalten die flüssigen Körper nach Maasgabe ihrer Flüssigkeit mehr oder weniger gebundene Wärme, von der ihre Flüssigkeit und der Grad derselben abhängt, die sie also nicht verlieren kön-

können, ohne auch ihre Flüssigkeit zu verlieren. So lange ein Körper den Grad seiner Flüssigkeit beibehält, (liquide, Dampf, Gas, — bleibt) läßt er diese Wärme nicht fahren, und wenn er auch von einem kälteren Körper berührt wird. Diese kann daher nicht erwärmen, und sich weder durch das Gefühl, noch durch das Thermometer offenbaren, weil sie dazu verwandt wird, die Flüssigkeit zu bewirken. Aber sie kann **entbunden** und frei werden, wenn durch gewisse Wirkungen ein flüssiger Körper fest wird, oder ein flüssigerer minder flüssig wird; dann entsteht Erwärmung: so wie sie hingegen **gebunden** werden kann, und Erkältung entsteht, wenn ein fester Körper flüssig, oder ein flüssigerer noch flüssig wird.

§. 698.

Die Gründe, welche man anführt, um zu beweisen, daß **Wärme und Licht** von **verschiedenen** Kräften oder gar von verschiedenen Stoffen abhangen, sind nicht erheblich. 1) Daß das Licht mit unvergleichbar großer **Geschwindigkeit**, die Wärme nur sehr langsam sich verbreitet, ist sehr leicht begreiflich, wenn das Licht die freie, die Wärme aber die an der Materie schon haftende Dehnkraft ist. Eben so, 2) daß die Verbreitung des Lichts nur durch die **durchsichtigen** Körper fortgeht, die Verbreitung der Wärme hingegen durch **alle** sich erstreckt: nur gewisse Körper haben die

Fähig-

Fähigkeit, die Verbreitung der freien Dehnkraft ungehindert zu gestatten; die meisten halten ihre schnelle Bewegung mächtig auf und machen eben dadurch das Licht zur Wärme. Selbst die durchsichtigen, denn kein Körper ist vollkommen durchsichtig (§. 487), halten das Licht einigermaassen, obwohl viel weniger auf. 3) Ist es kein Grund für die Verschiedenheit, daß Licht und Wärme von verschiedenen Sinnen empfunden werden; alle Organe unseres Körpers sind für die Wärme, d. h. für die Dehnkraft empfindlich, welche sich mit ihrer Materie verbindet; aber nur das edelste aller Sinnesorgane vermag die Dehnkraft im Zustande des Lichts zu empfinden. 4) Daß das Licht gewisse chemische Wirkungen hervorbringt, welche die dunkle Wärme nicht bewirkt (§. 514), läßt sich gar wohl aus dem wichtigen Unterschiede des Zustandes begreifen, in dem die Dehnkraft als Licht ist, von dem, in welchem sie sich als Wärme befindet.

Zwar hat William Herschel beobachtet, daß ein dem Farbenbilde des Prisma an der Seite des Roth genähertes Thermometer bei $1\frac{1}{2}$ Zoll Abstand in 10 Min. um $3\frac{1}{8}°$, bei 1 Zoll Abstand um $5\frac{1}{4}°$; bei $\frac{1}{2}$ Zoll Abstand um $6\frac{1}{2}°$ stieg, da hingegen an der Seite des Violett keine Erwärmung zu bemerken war. Er schließt daraus, daß es Sonnenstralen gebe, welche minder brechbar, als die erleuchtenden, aber stark erwärmend sind. Eben dies folgert er aus der Zurückwerfung dunkler Wärme von Brennspiegeln, daraus, daß verschiedene durchsichtige Körper Licht und Wärme nicht in gleichen Verhält-

pisse durchlassen, rc. und überhaupt schließt er aus seinen Versuchen, daß es **Wärmestralen gebe, welche nicht das Vermögen haben, Gegenstände sichtbar zu machen.** Unters. über die wärmende und erleuchtende Kraft der farbigten Sonnenstralen übers. in Gilbert's Annalen der Physik. VII. 2. S. 137. X. 2. S. 68. Auch noch insbesondere das Ergänzungsheft zum zwölften Bande. S. 521. Man sehe dagegen **Leslie's** Kritik dieser Behauptung Ebend. X. S. 88. und dafür **Englefield.** Ebend. XII. 4. S. 399. Allerdings verdienen diese merkwürdigen Versuche Aufmerksamkeit und Rücksicht.

§. 699.

Hingegen zeigen gewisse Erfahrungen offenbar, daß das Licht die Körper desto mehr erwärme, je mehr es in den Körpern, welche es auf seinem Wege antrifft, aufgehalten (und dadurch zur Wärme) wird. **Das Licht wärmt, in so fern es aufhört Licht zu seyn.**

Schwarze Körper werden, indem sie das Licht nicht zurückwerfen (§. 631), im Sonnenscheine viel heisser, als weisse (§. 630): dunkelfarbige heisser, als hellfarbige (§. 639). Gelbe und rothe Körper werden darin weniger heiß als grüne, blaue, violette —; weil sie mehr Licht, als diese zurückwerfen (ebend.)

Wenn an zwei in dunkler Wärme ganz übereinstimmenden Thermometern die Kugel des einen geschwärzt wird, so steigt dieses im Sonnenscheine beträchtlich höher, als das andere.

Bei **C. W. Böckmann's** Versuchen über die wärmende Kraft der Sonnenstralen in Gilberts Annalen der Physik.

sik. X. 3. S. 359 stand ein unbedecktes Thermometer im Sonnenscheine auf $23\frac{1}{2}°$ R., ein mit weissem Taffet überzogenes auf $24\frac{1}{2}$, ein mit schwefelgelbem — auf $24\frac{1}{2}$, ein mit rosenrothem auf 25, ein mit himmelblauem auf $25\frac{1}{4}$, ein mit hellgrünem auf 42, ein mit apfelgrünem auf $26\frac{1}{4}$, ein mit schwarzem auf $27\frac{1}{4}$. Davy's Versuche mit gefärbten Kupferplatten, deren jede auf einer Seite mit geöltem Wachs überzogen war, auf der andern dem Sonnenlicht ausgesetzt wurde, s. ebend. Ergänz. Heft zu XII. S. 578.

Wenn über Schnee im Sonnenscheine schwarze und weisse Tücher ausgebreitet werden, so schmilzt der Schnee unter den schwarzen eher und in größerer Quantität, als unter den weissen.

Leslie's Photometer (Tab. VII. fig. 128). S. Gilbert's Annalen der Physik. V. 3. S. 245. Eine gekrümmte Glasröhre endiget sich an beiden Enden in zwei hohle Glaskugeln, so daß die Höhlen dieser Kugeln und die Höhle der Röhre eine Röhre ausmachen. Im mittleren Raume der Röhre befindet sich ein gefärbter Liquor, an den Enden und in den Kugeln Luft (Wasserstoffgas). Die eine Kugel a ist von dunkelfarbigem Glase, kann auch noch auswendig mit Tusche geschwärzt werden; die andere b ist farbenlos. Von dem Ende, das zu der dunkelfarbigen Kugel gehört, geht eine 100theilige Scale herab. Um die Mittheilung äusserer Wärme abzuhalten, auch um die Abkühlung durch Luftzug zu hindern, ist das ganze Werkzeug mit einer gläsernen Kapsel überdeckt, welche von den Kugeln wenigstens einen halben Zoll absteht. Man lasse auf beide Kugeln durch die Kapsel Sonnenlicht fallen. Die schwarze Kugel a, in welcher das Licht aufgehalten wird,

De Lametherie. T. 52. p. 8.

wird von demselben Sonnenlichte viel stärker erwärmt, als die farbenlose b, welche das Licht durchgehen läßt, daher wird die Luft in a viel mehr ausgedehnt, als die in b, und der gefärbte Liquor in der Röhre hinabgetrieben. Je stärker das Licht ist, desto größer wird auch die in a dadurch erzeugte Wärme, und daher dient das Werkzeug auch, die Stärke des Lichts zu messen. Wenn es genau nach Leslie's Vorschrift gemacht worden, so ist es so empfindlich, daß es nicht nur vom unmittelbaren Sonnenlichte, sondern auch vom zurückgeworfenen Lichte des Himmels merklich in Bewegung gesetzt wird.

Ganz etwas anders ists, wenn ein dunkler Körper, der katoptrisch dunkelfarbig ist, Licht empfängt, als wenn dunkelfarbiges Licht auf einen dunkeln Körper fällt. Unter den durchs Prisma gebrochnen Stralen wärmen die violetten Stralen am wenigsten, eben weil sie schon die stärkste Anziehung erlitten haben (§. 647).

§. 700.

Man darf daher annehmen, daß die Quantität Wärme, welche durch die Sonnenstralen in einem Körper bewirkt wird, bei übrigens gleichen Umständen derjenigen Quantität Licht gleich sey, welche verschluckt oder gebunden wird.

Graf Rumford's Unters. über die Wärme, welche durch die Sonnenstralen erzeugt wird in Gilbert's Annalen. XX. 2. S. 177. mit Gilbert's Bemerkungen darüber, ebend. S. 186.

§. 701.

Ein Körper zeigt nur dunkle Wärme, wenn er zwar Dehnkraft aus sich in andere Körper übergehen

gehen läßt, aber immerfort nur so viel, daß die ihn berührenden Körper die aus ihm entweichende Dehnkraft sogleich wieder annehmen und an sich halten können. Wenn hingegen die Dehnkraft in solcher Menge aus einem Körper entweicht, daß nicht alle von dem berührenden Körper angenommen und angehalten werden kann, sondern ein größerer oder kleinerer Theil frei werden muß, so befindet sich der Körper in dem Zustande, welchen man **Gluth** oder **Glühehitze** nennt (§. 675), in welchem er nämlich zugleich wärmt und leuchtet. Aber diejenige Dehnkraft, welche dabei frei wird und leuchtet, kann in den Körpern wieder Wärme werden, auf welche ihre Stralen fallen.

§. 702.

Wenn unser Körper von einem anderen berührt wird, der mehr freie Wärme hat, so wird unser Körper erwärmt; es geht freie Wärme aus dem anderen in unseren über. Dadurch wird die Ausdehnung unseres Körpers vermehrt, und daraus entsteht in empfindlichen Organen desselben das Gefühl von **Wärme**. Wenn hingegen unser Körper von einem anderen berührt wird, der weniger freie Wärme hat, so geht freie Wärme aus unserem Körper in den anderen über; dadurch wird die Ausdehnung unseres Körpers gemindert, und daraus entsteht in empfindlichen Organen desselben das Gefühl von **Kälte**. Beide Veränderungen hängen aber

aber bloß von der freien Wärme ab: daher heißt die freie Wärme auch **fühlbare** oder **empfindbare Wärme**. Die gebundene Wärme anderer Körper kann uns, eben weil sie gebunden ist, nicht fühlbar werden, so wenig als unser Körper durch den Verlust gebundener Wärme erkältet werden kann.

§. 703.

Thermometer, oder Werkzeuge, welche dazu dienen, die verschiedenen Grade der freien Wärme zu vergleichen, zeigen diese durch Zunahme und Abnahme ihrer Ausdehnung. Wenn ein Thermometer einen andern Körper berührt, welcher wärmer ist, als das Thermometer, so geht freie Wärme aus dem andern Körper in das Thermometer über und das Thermometer wird mehr ausgedehnt (steigt); wenn hingegen ein Thermometer von einem anderen Körper berührt wird, welcher kälter ist, als das Thermometer, so geht freie Wärme aus dem Thermometer in den andern Körper über, und die Ausdehnung des Thermometers wird vermindert (es fällt). Begreiflich haben beide Aenderungen des Thermometers es nur mit der freien Wärme, nicht mit der gebundenen, zu thun.

Um den übrigen Theil des Vortrags von der Wärme nicht zu unterbrechen, werden die Thermometer am Ende des Kapitels abgehandelt.

§. 704.

Das mehr und weniger der freien Wärme eines Körpers, in so fern es durch eine bestimmte Aus-

Ausdehnung des Thermometers angezeigt wird, heißt der **Wärmegrad** des Körpers, oder auch die **Temperatur** desselben.

§. 705.

Das Product m w aus dem Wärmegrade w eines Körpers in seine Masse m, nennt man die **Wärmemenge** desselben, d. h. die Menge derjenigen Wärme, welche in ihm frei ist, und von welcher, nach Verhältniß ihrer Quantität, und der Quantität freier Wärme in andern berührenden Körpern ein größerer oder kleinerer Theil in diese andere berührende Körper übergehen kann.

§. 706.

Capacität eines Körpers heißt in der Wärmelehre die größere oder kleinere Fähigkeit desselben, Wärme **gebunden** zu halten. Die unten folgenden Betrachtungen werden zeigen, daß die Capacität der Körper desto größer sey, je flüssiger sie sind; daß daher die Capacität **vermehrt** werde, wenn ein Körper aus dem festen Zustande in den flüssigen, aus dem liquiden in den luftartigen rc. übergeht, daß sie hingegen **vermindert** werde, wenn die entgegengesetzten Veränderungen erfolgen.

Gren's Uebersicht der Gesetze, nach welchen sich die Capacität richtet, in dess. Journal der Physik. II. S. 24.

§. 707.

Specifische Wärme, eigenthümliche Wärme oder comparative Wärme eines Körpers heißt die

die größere oder geringere Fähigkeit desselben, die freie Wärme zurückzuhalten. Derjenige Körper heißt specifisch wärmer, welcher die freie Wärme mehr an sich hält, als ein anderer, und daher in derselben erkältenden Umgebung seine freie Wärme langsamer fahren lässet. Es sind auf diese Weise die Begriffe von Capacität und specifischer Wärme allerdings unterschieden.

Die folgenden Betrachtungen werden dann ergeben, ob es völlig gebundene Wärme gebe, oder ob das, was wir so zu nennen pflegen, nur stärker zurückgehaltene, doch freie, d. h. der Mittheilung fähige, Wärme sey; ob also Capacität und specifische Wärme unterschieden seyn oder nicht.

Versuche über die eigenthümliche Menge des Feuers in den festen Körpern von Joh. Carl Wilke in den Schwed. Abh. 1781. S. 49. übers. in Crell's n. Entd. in der Chemie. X. S. 49. Adair Crawford *experiments and observations on animal heat, and on the inflammation of combustible bodies.* London 1779. 8. Deutsch: Leipzig 1779. 8. I. G. Magellan *essay sur la nouvelle theorie du feu elementaire et de la chaleur des corps. London* 1780. 4. Deutsch: Leipzig 1782. 8.

§. 708.

Wenn zwei Massen M und m, deren Wärmegrade W und w sind, mit einander in genaue Berührung gesetzt werden, so geht so lange freie Wärme aus dem wärmeren in den kälteren über, bis beide gleichen Wärmegrad haben. Man nennt dieses

fes die **Mittheilung der Wärme**. Da die Summe der Wärmemenge MW und mw in die Summe der Massen vertheilt wird, so ist nach erfolgtem Stillstande (Gleichgewichte) der gemeinschaftliche Wärmegrad (W')

$$W' = \frac{MW + mw}{M + m}$$

Wenn also die Massen gleich sind, so ist

$$W' = \frac{M(W + w)}{2M} = \frac{W + w}{2}$$

das **arithmetische Mittel** der vorigen beiden Wärmegrade.

Es ist dabei zu verstehen, daß die Körper einander genau genug berühren, und kann daher in aller Schärfe nur gelten, wenn beide Körper flüssig sind, damit sie mit einander genau vermengt werden können. Auch ist bei den darüber anzustellenden Versuchen immer auf die Gefäße und die umgebende Luft Rücksicht zu nehmen, je nachdem diese wärmer oder kälter, als das W' sind, welches die Berechnung ergiebt. Geo. Wilh. Richmann *de quantitate caloris, quae post miscelam fluidorum certo gradu calidorum oriri debet cogitationes* in den *Nov. comm. acad. Petrop.* I. p. 152.

§. 709.

Daraus folgt, daß, wenn zwei Körper gleiche Wärmegrade haben, aus keinem in den andern Wärme übergehe, sondern jeder seinen Wärmegrad behalte.

Dieses ergiebt auch die Formel. Wenn nur einerlei w ist, so wird

W'

$$W' = \frac{Mw + mw}{M + m}$$

$$= \frac{(M + m)\,w}{M + m} = w$$

Prevost (*recherches sur la chaleur*. Genev. 1792. 8. auch Dessen Abh. über das Gleichgewicht des Feuers in Rozier's *obss. sur la physique*. Tom. 38. p. 314. übers. in Gren's Journal der Physik. VI. S. 328.) stellt sich die Wärme so vor, daß sie wechselseitig aus jedem Körper in andern überströme, und nach ihm ist dann zwischen zwei Körpern A und B Gleichgewicht der Wärme da, wenn aus A so viel Wärme in B, als aus B in A überströmt. Erhitzung erfolgt, wenn A mehr Wärme von B erhält, als es ihm wieder giebt, oder umgekehrt u. s. w.

§. 710.

Allein diese Regel gilt nur bei Stoffen von einerlei Art, Wasser und Wasser, Quecksilber und Quecksilber ꝛc. Körper von **verschiedenem** Stoffe (ungleichstoffige) halten auch die freie Wärme mehr und weniger an sich, je nachdem ihre specifische Wärme (§. 707) stärker oder schwächer ist.

§. 711.

Die specifische Wärme ist demnach offenbar im Verhältnisse mit der absoluten Quantität freier Wärme bei einerlei Temperatur.

§. 712.

Die Verschiedenheit der specifischen Wärme bei verschiedenen Stoffen zeigt sich, wenn dieselben,

einer

einer wärmer, der andere kälter, und dann wieder umgekehrt mit einander in Berührung gebracht werden. Wenn zwei ungleichstoffige Körper W und Q in gleichen Massen mit einander gemengt werden, **so verhalten sich ihre specifischen Wärmen** S, s, **umgekehrt**, wie die Aenderungen ihrer Temperaturen t, T.

Man vermenge 1 Pfund Wasser W von 44° und 1 Pfund Quecksilber Q von 110° mit einander. Nach Richmann's Regel (§. 708) sollte die gemeinschaftliche Temperatur das arithmetische Mittel

$$\frac{44 + 110}{2} = 77^\circ$$

werden; sie wird aber nur

47°

Das Q verliert also 63° = T,

das W gewinnt nur 3° = t.

Man vermenge hingegen 1 Pfund W von 110°, und 1 Pfund Q von 44°; so wird die gemeinschaftliche Temperatur

107°

Das Q gewinnt also 63° = T

das W verliert nur 3° = t

Mithin

W		Q		Q		W
S	:	s	=	T	:	t
21	:	1	=	63	:	3

verhält sich die spec. Wärme des Wassers zu der des Quecksilbers, wie 21 : 1.

§. 713.

Wenn dabei die Massen ungleich sind, so ist das Verhältniß der specifischen Wärmen aus dem um-

umgekehrten der Aenderung der Temperatur und dem umgekehrten der Masse zusammengesetzt.

In ein zinnernes Gefäß Z, dessen Masse 51 Loth betrug, und dessen Temperatur = 6° Reaum. (die angenommene des Zimmers) war, wurden 63 Loth siedendes Wasser W gegossen. Nach erfolgter Mittheilung wurde die gemeinschaftliche Temperatur 76°. Z hatte also zugenommen um T = 76° — 6° = 70°, W abgenommen um t = 80° — 76° = 4°. Wären die Massen von Z und W einander gleich, so wäre (S die spec. Wärme des Wassers, s die des Zinnes)

$$S : s = T : t$$

Wegen der Ungleichheit der Massen 51 : 63 = 17 : 21 aber ist

$$S : s = ZT : wt$$
$$= 17 . 70 : 21 . 4 = 1190 : 84$$
$$= 1,000 : 0,0706$$

Joh. Tob. Mayer's Naturlehre. §. 354.

Bei diesen Versuchen ist allemal darauf Rücksicht zu nehmen, daß der wärmere Körper schon etwas Wärme an die äussere Luft verliert. Der kalte Körper muß die Temperatur der Luft angenommen haben, in welcher der Versuch angestellt wird. Die Volumina der beiden Körper müssen so gleich als möglich seyn.

Körper, welche bei der Berührung einander chemisch verändern, können auf diese Weise nicht unmittelbar verglichen werden.

§. 714.

Auf eine andere, mit weniger Schwierigkeit zu bestimmende, Weise zeigt sich die Verschiedenheit der specifischen Wärme, indem man beobachtet, wie viel

viel Eis eine bestimmte Masse von einem Stoffe, die eine bestimmte Temperatur hat, schmelzen kann.

Wenn zwei Massen M und m gleich sind, und gleiche Temperatur T = t haben, so werden sich die Eismengen, welche sie schmelzen, E und e, zu einander verhalten, wie ihre specifischen Wärmen S und s. Wenn die specifischen Wärmen beider Massen und die Temperaturen gleich sind, so werden diese Eismengen sich verhalten, wie die Massen, und wenn die specifischen Wärmen und Massen gleich sind, wie die Temperaturen (?). Es wird also das Verhältniß zweier Eismengen E, e, welche durch zwei Massen M, m, (die über dem Eispunct warm sind,) geschmolzen werden, aus dem Verhältniß der Massen M : m, der Temperaturen T : t, und der specifischen Wärmen S : s, zusammengesetzt seyn:

$$E : e = MTS : mts$$

vorausgesetzt, daß das Eis nicht kälter als auf dem Eispunkte (0° Reaum.) sey, und nicht anders woher als durch die zu prüfende Masse erwärmt werden könne.

Diese Betrachtung leitete Lavoisier auf ein sehr sinnreich ausgedachtes Verfahren, die spec. Wärme verschiedener Stoffe zu vergleichen, und dazu ein Werkzeug (Tab. IV. fig. 80) zu erfinden, das er einen Calorimeter nennt (welcher Name als eine Vox hybrida nicht taugt). Der innerste Behälter desselben W, von Messingdrath, dient den Körper aufzunehmen, dessen spec. Wärme man prüfen will. Diesen umgiebt ein weiterer Behälter E von Kupferblech, welcher mit demjenigen zerstossenen Eise gefüllt wird, dessen geschmolzene Menge, die durch eine Röhre unten abfliessen und gesammlet werden kann,

zum

zum Maaß der spec. Wärme dienen soll. Damit das Eis die bestimmte Temperatur des Eispuncts habe, müssen die Versuche angestellt werden, indem die Atmosphäre etwas über dem Eispuncte warm ist; damit aber die äussere Wärme nichts dazu beitragen könne, das Eis in E zu schmelzen, dient der auswendige Behälter A, welcher ebenfalls mit gestoßenem Eise gefüllt wird, und seine besondere Abflußröhre hat. Jeder dieser Behälter hat seinen Deckel, um auch oben mit Eis umgeben werden zu können.

Aus obiger Proportion folgt:

$$\frac{E}{TM} : \frac{e}{tm} = S : s$$

Ist M Wasser, und setzt man $S = 1$, indem man die spec. Wärme des Wassers als Maaßstab annimmt, welches, wenn $T = 60°$ R. ist, eine seiner Masse gleiche Quantität Eis E schmelzt; hat man dann gefunden, wie viel Eis e ein Körper von der Masse m, und der Temperatur t, in dem Behälter W liegend, schmelzt, so findet man in der Proportion

$$\frac{E}{60 . M} : \frac{e}{tm} = S : s \text{ oder da } E = M$$

$$\frac{1}{60} : \frac{e}{tm} = S : s$$

aus den ersten drei gegebenen Gliedern das vierte s als die spec. Wärme des untersuchten Körpers, die des Wassers = 1 gesetzt.

Mem. sur la chaleur par M. M. Lavoisier et de la Place in *Mem. de l'ac. roy. des sc.* Ann. 1780. p. 355. In Lavoisier's phys. chem. Schriften übers. von Weigel. Greifsw. 1785. III. S. 292. Wedgwood's Bemerk. über diesen Apparat in den *philos. transact.* LXXIV. S. 371.

§. 715.

§. 715.

Im allgemeinen haben die dichteren Körper [redacted], die minder dichten [redacted] specifische Wärme: daher die Metalle eine geringere, die Luftarten eine größere specifische Wärme als Wasser ꝛc. Doch gilt diese Regel nach den bisher gemachten Angaben nicht durchaus.

Daher wird die Temperatur beträchtlich erhöhet, wenn man entwässerte Schwefelsäure zu (dem 4- bis 5fachen ihres Gewichts) Wasser gießt, indem dieses durch die Mischung mit jener beträchtlich dichter wird.

Schon fein zerriebene Habergrütze bewirkt Erwärmung, wenn sie mit Wasser gemengt wird, indem sie es zu einem Schleime verdickt.

Metalle werden heiß, wenn man sie hämmert.

§. 716.

Wenn ein wärmerer Körper W von einem kälteren w (dessen Masse M sehr viel größer ist, als die seinige m, so daß die verschiedene Größe von m das Verhältniß (m : M) nicht beträchtlich ändert;) ganz umgeben ist, so nennt man den lezteren w das **erkältende Mittel**. In einem und demselben erkältenden Mittel und bei einerlei Unterschiede der Temperatur wird derselbe Körper desto geschwinder **erkalten**, je kleiner seine Masse und je größer seine Oberfläche ist. Mit andern Worten: **die Zeit der Erkältung wird im geraden Verhältnisse der Masse des wärmeren**

ren Körpers und im umgekehrten Verhältniß seiner Oberfläche stehen.

So z. E. wenn eine heisse eiserne Kugel von 1, 2, 3, 4, 5 Pfunden in der Atmosphäre oder in dem Wasser eines Flusses, oder eine solche Kugel von 1, 2, 3, 4, 5 Lothen in Wasser erkaltet, das in einem Behälter steht, und wenigstens mehrere Centner beträgt. Wenn M gegen m kleiner ist, und daher bei einiger Aenderung von m auch das Verhältniß m : M beträchtlich geändert wird, so kommt es auch auf die Masse von M und dann wieder darauf an, von welchem Mittel M umgeben ist.

Da ein **kugelförmiger** Körper bei gleichem Kubikinhalt die kleinste mögliche Oberfläche hat, so ist diese Gestalt für die Verzögerung der Abkühlung eines Körpers die allergünstigste.

Hier sind aber nicht die **geometrisch** betrachteten, sondern die **physischen** Oberflächen, d. h. die Menge der Berührungspuncte mit dem erkältenden Mittel zu verstehen.

§. 717.

Ganz auf eben die Weise wird ein kälterer Körper w, von einem erwärmenden Mittel W umgeben, desto geschwinder **erwärmt werden**, je kleiner seine Masse und je größer seine Oberfläche ist. Die Zeit der Erwärmung wird also in demselben Verhältnisse stehen.

§. 718.

Ausserdem aber wird hier bei gleichen Massen ein beträchtlicher Unterschied Statt finden, je nachdem W die Wärme **leichter fahren läßt** oder **mehr**

an

an sich hält, d. h. mehr oder weniger specifische Wärme hat (§. 707). Die Zeiten der Erkältung werden unter übrigens gleichen Umständen (§. 716. 717) sich verhalten, wie die specifischen Wärmen der erkaltenden Körper.

§. 719.

Und ferner wird bei übrigens gleichen Umständen ein beträchtlicher Unterschied Statt finden, je nachdem w fähig ist, die Wärme schneller **wegzunehmen**. Dieses beruhet eines Theils darauf, ob w die empfangene Wärme **bindet** (indem es schmilzt, verdunstet); denn so lange es dieses thut, behält es seine alte, kältere Temperatur, wird wenigstens nicht so warm, als W, nimmt also immerfort noch Wärme aus W weg.

Wasser nimmt die Wärme viel schneller weg, als Luft, indem es sie bindet, um zu verdunsten.

Das: Wärme aus einem Körper ableiten durch Bindung ist wohl zu unterscheiden von dem: Wärme fortleiten. S. Langsdorfs Wärmelehre. §. 119. S. 179.

§. 720.

Andern Theils aber beruhet das Wegnehmen der Wärme auf der **Wärmeleitung** (*Conductio caloris*). Einige Stoffe leiten die Wärme schneller, andere langsamer durch sich fort; jene nennt man gute, diese schlechte **Wärmeleiter**. Ein guter Wärmeleiter läßt einen in ihm eingeschlossenen Körper unter übrigens gleichen Umständen schnel-

ler abkühlen; ein schlechter langsamer. Ein guter Wärmeleiter theilt die ihm an einem Ende gegebene Wärme schnell dem andern Ende mit; ein schlechter langsamer. Die schlechten Wärmeleiter werden auch **warmhaltende** Stoffe genannt.

Die besten Wärmeleiter sind die **Metalle**. Sie folgen nach **Ingenhouß** (Rozier *obss. sur la phys.* Tom. 34. p. 68. **Gren's** Journal der Physik. I. S. 154.) vom besten bis zum schlechtesten Wärmeleiter so: **Silber, Gold, Zinn, Kupfer, Eisen, Platina, Blei.** Nach **Richmann** hingegen (*Nov. comm. Petrop.* IV.) ist das **Blei** der beste Leiter, dann folgen **Zinn, Eisen, Kupfer, Messing.** S. **Mayer** in **Gren's** Journal der Phys. III. S. 30. IV. S. 27. Nach **Böckmann** verhalten sich die wärmeleitenden Kräfte der Metalle so:

Wismuth	1000
Spießglanzmetall	880
Blei	833
Zinn	652
Gold	455
Silber	439
Nickel	418
Zink	406
Kupfer	339
Eisen	305

Auch die **Steine** sind gute Wärmeleiter, aber in sehr verschiedenem Grade, im allgemeinen desto besser, je dichter sie sind. Gebrannter Thon ist ein weit schlechterer Wärmeleiter, als die natürlichen Steine.

Holz ist viel schlechter wärmeleitend als Stein. Verschiedene Holzarten folgen in Rücksicht auf ihre wärmeleitende

tende Kraft von mehr zu weniger so: Linden, Tannen, Fichten, Erlen, Föhren, Wintereichen, Birken, Birnbaum, Sommereichen, Ulmen, Zwetschen, Weißbuchen, Rothbuchen, Eschen, Apfelbaum, Ebenholz. J. Tob. Mayer über die wärmeleitenden Kräfte verschiedener Holzarten in Crell's chem. Annalen. 1798. I. S. 443. Vorzüglich schlecht leitend ist Kork.

Schlechtere Wärmeleiter sind: Stroh, Kohlen, (Guyton in Scherer's allgem. Journal der Chemie. I. 4. S. 411.), Asche, —

Die zu Kleidungsstücken und Decken gebräuchlichen Stoffe folgen so: Leinwand, Baumwolle, Wolle, Seide, so daß die Seide der schlechteste Wärmeleiter ist: noch schlechtere sind Biberfell, Hasenfell, Eiderdunen. Graf Rumford's Unters. über die Fortpflanzung der Wärme in Gilbert's Annalen der Physik. V. 3. S. 319.

Herrn Carl Wilh. Böckmann's noch ungedruckte Abhandlungen über die Wärmeleitung, einestheils bei der Erwärmung in den Sonnenstralen, anderntheils bei der Abkühlung erwärmter Körper in einem kälteren Mittel, aus denen ich jene Data ausgezogen habe, werden dieser Lehre manche Berichtigung und Erweiterung verschaffen.

Ueber Anwendungen, die sich von der richtigen Kenntniß der Wärmeleitung im gemeinen Leben für Gebäude, Dächer, Eisgruben, Oefen, Kapellen, Salzpfannen, Kochgeschirre, Handgriffe an Gefäßen rc. machen lassen. Alexander von Humboldt über die chem. und phys. Grundsätze der Salzwerkskunde im Bergmannischen Journal von Köhler u. Hoffmann. 1792. 1. u. 2 St.

§. 721.

Die Untersuchung der schnelleren und langsameren Wärmeleitung verschiedener Stoffe ist um so

schwieriger, da in so vielen Fällen zwei oder mehrere wärmeleitende Körper zugleich wirken, und neben der Wärmeleitung auch andere Wirkungen (Bindung der Wärme, bei flüssigen erkaltenden Körpern Aenderung des berührenden Theils, weil der erwärmte aufwärts steigt, ꝛc.) eintreten, welche die Erkaltung beschleunigen. Die sicherste Methode dieser Untersuchung scheint zu seyn, daß man den wärmeleitenden Körper zur Hülle H, h, eines Körpers C mache, dann Hülle und umhüllten Körper in einem wärmeren Mittel M auf eine gewisse Temperatur A bringe; darauf das Ganze einem kälteren Mittel m übergebe und die Zeit T, t, bemerke, in welcher der Körper C von der Temperatur A auf eine gewisse Temperatur a erkaltet. Dann verhält sich, bei gleichem Volumen und einerlei Gestalt der Körper H, h, die wärmeleitende Kraft L, l derselben umgekehrt wie die Zeiten T, t der Erkaltung.

$$L : l = t : T$$

Um den Grad der Erkältung und ihre Dauer zu beobachten, ist der Körper C am bequemsten selbst ein (Quecksilber-) Thermometer.

Die Hüllen müssen gleiches Volumen und einerlei Gestalt haben, damit die Wärme aus C jedesmal gleich langen Weg und gleiche Gränzflächen finde, also gleichviel Berührungspuncte mit dem kälteren Mittel erhalte. Man macht sie am bequemsten kuglicht; (metallene kann man giessen, auch nachher abdrehen; hölzerne drehen; Thon, Wachs, Mehlteig ꝛc. in Formen drücken.) In der Mitte muß eine kuglichte Hohlung seyn, in welche

welche die Kugel des Thermometers genau paßt, und diese Hohlung einen kylindrischen Ausgang für die Röhre des Thermometers haben. Man stecke das Thermometer hinein, fülle den Zwischenraum zwischen der dünnen Röhre und der weiteren kylindrischen Höhlung so genau als möglich mit Keilen von demselben Stoffe aus, und umgebe die Röhre des Thermometers mit einer weiteren Glasröhre, so daß diese auf der wärmeleitenden Kugel aufsitzend den Ausgang jener Höhlung einschließt und die Thermometerröhre in der Axe dieser Röhre liegt. Man erhitze das Ganze an einem wärmeren Orte (in einem Sandbade) soviel über einen bestimmten Grad, (z. E. über 60° Reaum.) daß man Zeit genug hat, den Apparat zum Orte der Beobachtung fortzutragen. Man tauche das Ganze in kaltes Wasser von bestimmter Temperatur, am besten bei Thauwetter in Wasser, in welchem Eis liegt (0°), oder bringe es in kalte Luft von eben dieser Temperatur. Nachdem das Ganze auf den bestimmten *Terminus a quo* (60°) erkaltet ist, zähle man an einer genauen Uhr die Minuten und Secunden, welche verstreichen, während das Thermometer von 60° bis zum *Terminus ad quem* herabfällt.

Bei flüssigen Körpern ist man genöthigt, die wärmeleitende Hülle wieder in eine hohle Kugel (am bequemsten von dünnem Glase.) so einzuschliessen, daß die Thermometerkugel (z. E. 0,5″ im Durchm.) mitten in dieser Glaskugel (z. E. 1,5″ im Durchm.) liegt, und der Zwischenraum mit dem flüssigen Körper ausgefüllt wird, dessen wärmeleitende Kraft man untersuchen will.

Der ganze Apparat muß im Wasser oder in der Luft an einigen Fäden aufgehangen werden, die so dünn sind, als das Gewicht des Apparats gestattet.

Bei=

Benj. Thompson's Versuche über die Wärme in den *philosoph. Transact.* 1792. P. I. p. 48. übers. in Gren's Journal der Phys. VII. S. 247.

Luft scheint als erkältendes Mittel zu diesen Versuchen besser, als **Wasser**, weil wegen des leicht entstehenden Luftzugs (§. 687) und der großen spec. Wärme der Luft die den erkaltenden Körper berührende Luftschicht immerfort kühl genug bleibt, um fortdauernd ziemlich gleichmäßig abzukühlen. Zu der Gleichmäßigkeit trägt auch die langsamere Erkaltung bei. **Mayer** in Gren's Journal der Physik. IV. S. 25.

Ingenhouß (S. oben §. 720.) tauchte Metalldräthe von gleicher Dicke und Länge, welche parallel an einer hölzernen (besser metallenen) Stange befestigt waren, so daß sie einen rechten Winkel mit derselben machten, in geschmolzenes Wachs, und zog sie wieder heraus. Nachdem sie auf diese Weise jeder eine Rinde von festem Wachse erhalten hatten, und erkaltet waren, tauchte er sie 2'' hoch in heisses Oel, und gab Acht, bis zu welcher Höhe das Wachs an jedem Drathe hinaufschmolz. S. **Mayer's** Bemerk. darüber in Gren's Journ. III. S. 30.

§. 722.

Es ist ganz unnöthig, eine besondere wärmeleitende Kraft der Körper anzunehmen. Ohne Zweifel ist die eigentliche Wärmeleitung abhängig von der Cohäsion (§. 161). Je größer die Cohäsion eines Körpers ist, desto mehr widersteht er der Dehnkraft, desto mehr weigert er sich also, die ihm gegebene Wärme zu behalten, und sich durch sie ausdehnen zu lassen. Vielmehr giebt er die empfange-

ne

ne Wärme immerfort schnell weiter, von Theil zu Theil, bis sie aus seinem äussersten Theile dem angränzenden kälteren Körper übergeben wird.

Indessen zeigt sich in der Erfahrung die Wärmeleitung nicht durchaus im Verhältnisse mit der Cohäsion, wahrscheinlich weil andere Wirkungen, die von Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, von der Mischung überhaupt abhängen, mit ins Spiel kommen.

§. 723.

Im allgemeinen sind daher **flüssige Körper** viel schlechtere Wärmeleiter, als feste. **Luft** (ruhig stehend) ist ein äusserst schlechter Wärmeleiter, und desto schlechter, je mehr sie verdünnt ist. Feuchte Luft leitet jedoch mehr, als trockne. Die **Torricellische Leere** (§. 407) ist ein noch schlechterer Wärmeleiter als Luft.

Luft, ruhig stehend — denn, wenn freie Luft einen wärmeren Körper berührt, so entsteht ein Luftzug; die erwärmte Luft steigt auf, und kältere folgt nach, so, daß gar keine Wärmeleitung beobachtet werden kann.

Die schlechte Wärmeleitung einiger lockeren Körper, der Kohle, Asche, Wolle, des Pelzwerks, der Federn ist zum Theile von der zwischen ihren Theilchen hängenden Luft vermöge der Adhäsion der Luft (§. 202) herzuleiten; daß der Schnee die Wärme schlechter leitet, als dichtes Eis, wohl bloß daher.

Flüssige Körper leiten nach des Grafen von Rumford Behauptung die Wärme gar nicht. Sie nehmen zwar Wärme aus andern Körpern an, und geben sie ab, allein in ihrem inneren leiten sie die Wärme gar nicht, weil

weil es ihnen an dem Grade der Cohäsion und der davon abhängenden Contractilität fehlt, welche zur Wärmeleitung erfordert wird. Was Leitung in ihrem innern zu seyn scheint, beruhet bloß auf dem hydrostatischen Aufsteigen der wärmeren Theile. Count Rumford's *experimental essays.* Essay VII. VIII. *on the propagation of heat in fluids.* Lond. 1797. 1798. 8. übers. in Gren's neuem Journal der Physik. IV. 4. S. 418. und Forts. in Gilbert's Annalen der Physik. I. 2. S. 214. 3. S. 323. II. 3. S. 249. V. 3. S. 288.

Einwürfe de Luc's in Gilbert's Annalen. I. 4. S. 464. Socquet's ebend. VI. 4. S. 407. Grimm's ebend. VII. 3. S. 361. Thomson's ebend. XIV. 2. S. 129.

Parrot's Prüfung der Hypothese des Gr. von Rumford über die Fortpflanzung der Wärme in den Flüssigkeiten in Gilbert's Annalen. XVII. 3. S. 257. 4. S. 369. und XXII. 2. S. 148. J. Murray's Vers. und Bemerk. über die Frage: ob Flüssigkeiten Wärmeleiter sind? aus Nicholson's *philos. Journal.* I. p. 165. übers. in ebend. XIV. 2. S. 158. und in Voigt's Magazin für Naturkunde. IV. 4. S. 440. und V. 1. S. 70. Dalton über die Kraft der Flüssigkeiten, Wärme zu leiten in Gilbert's Ann. XIV. 2. S. 184.

§. 724.

Das Vermögen eines und desselben Stoffs die Wärme zu leiten, ändert sich bei beträchtlichen Aenderungen der Temperatur. Daher müssen die Vergleichungen der wärmeleitenden Kraft verschiener Stoffe in nicht zu viel verschiedenen Temperaturen angestellet werden.

Job.

Joh. Tob. Mayer über das wärmeleitende Vermögen der Körper in Gren's Journal der Physik. III. S. 19.

§. 725.

Ein Körper oder ein Aggregat von Körpern leitet die Wärme desto schlechter, je **homogener** seine Theile, desto besser je **heterogener** seine Theile sind.

Parrot in der angef. Abh. in Gilbert's Annalen. XVII. S. 395.

§. 726.

Die **Erkältung** eines Körpers **ohne** fremde Hülle in einem kälteren Mittel und eben so die **Erwärmung** eines Körpers in einem wärmeren Mittel wird ceteris paribus von seiner Wärmeleitung abhängen, indem seine äusseren Theile Hüllen für seine inneren sind, und daher die Wärme um so leichter und schneller von den inneren zum Mittel- oder im umgekehrten Falle vom Mittel zu den innern Theilen leiten, je besser der Stoff des Körpers die Wärme leitet.

§. 727.

Offenbar hängt die wärmeleitende Kraft der Stoffe von ihrer specifischen Wärme ab, so daß jene mit dieser im umgekehrten Verhältnisse steht und **die Leitungskräfte zweier Körper** L, l, **verhalten sich umgekehrt, wie die Producte aus ihren Massen** M, m **in ihre specifischen Wärmen** S, s.

L : l

$$L : l = \frac{1}{MS} : \frac{1}{ms}$$

oder $L : l = ms : MS$.

Sind die Stoffe in Gefäße eingeschlossen, so müssen Masse $\mathfrak{M}$ und spec. Wärme $\mathfrak{s}$ des Gefäßes mit in Betracht gezogen werden.

$$L : l = \frac{1}{MS + \mathfrak{M}\mathfrak{s}} : \frac{1}{ms + \mathfrak{M}\mathfrak{s}}$$

Je kleiner das Product $\mathfrak{M}\mathfrak{s}$ in Vergleichung mit MS und ms ist, also je dünner das Gefäß und je geringer seine spec. Wärme ist, desto näher wird das Verhältniß dem $MS : ms$ kommen, so daß $\mathfrak{M}\mathfrak{s}$ ohne merklichen Fehler bei Seite gesetzt werden darf.

Joh. Tob. Mayer über das Gesetz, welches die Leitungskräfte der Körper für die Wärme befolgen in Gren's Journal der Physik. IV. S. 25.

§. 728.

Wenn alle übrigen Umstände gleich sind, so verliert der wärmere Körper in einem erkältenden Mittel in gleicher Zeit desto mehr Wärme, je grösser die Differenz seiner Wärme und des Mittels ist. Daher verliert er anfangs mehr, nach und nach immer weniger.

Lambert (Pyrometrie. §. 251. S. 137) drückt dieses auch schon von Newton (*philos. transact.* 1701.) anerkannte Gesetz so aus: Die Wärme, welche ein erkaltender Körper in jedem Zeittheilchen verliert, ist der Wärme proportional, welche er hat.

§. 729.

Der jedesmalige Ueberschuß der Wärme eines Körpers über die des kälteren Mittels, dem er sie mit-

mittheilt, geht in gleichen Zeiträumen nach einer geometrischen Progression fort, so daß, wenn ein Körper zu Anfange einer gewissen Zeit t, U Grade wärmer als das ihn umgebende Mittel gewesen wäre, zu Ende dieser Zeit aber nur noch

$$u = \frac{1}{m} U$$

$\left(\frac{1}{m}\right.$ heißt der Erkältungsexponent$\left.\right)$

wärmer wäre, er nach Verfluß der n-fachen Zeit nur noch

$$v = \left(\frac{1}{m}\right)^n . U$$

Grade wärmer seyn würde, als das umgebende Mittel. Die anfängliche Wärme des Körpers sey Y, die des umgebenden Mittels = Z, so ist U = Y — Z. Wenn nun eben so nach Verlust der Zeit n . t, die des Mittels z, also v = y — z ist, so ist

$$v = y - z = (Y - Z) . \left(\frac{1}{m}\right)^n$$

Diese Formel ist bequem, um den Ueberschuß der Wärme des Körpers über die des umgebenden Mittels für jede Zeit n vom Anfange der Erkältung zu berechnen, wenn der Werth des Erkältungsexponenten aus ein paar Beobachtungen bekannt ist.

Diese Formel und das darin enthaltene Gesetz durch Erfahrungen zu prüfen, sind zwei Thermometer nöthig, eines zur Bestimmung der Temperatur y des Körpers, dessen Erkältungsgesetz man sucht, und ein anderes,

wodurch

wodurch die Temperatur des ihn umgebenden Mittels in der Nähe des Körpers (doch nicht so nahe, daß die Wärme des Körpers selbst auf das Thermometer wirken kann) bestimmt wird. Wenn der erkaltende Körper nach Verhältniß des umgebenden Mittels sehr klein ist, so kann man die Veränderlichkeit von z, Z, aus der Acht lassen, zumal, wenn die Erkaltung langsam geschieht.

Joh. Tob. Mayer über das wärmeleitende Vermögen der Körper in **Gren's** Journal der Phys. III. S. 19. Ders. über den Wärmestoff. §. 339. — Vergl. aber **Langsdorf's** Wärmelehre. §. 101. S. 143.

§. 730.

Vermöge der gebundenen Wärme (§. 697.) sind die Materien mehr und weniger flüssig: 1) **liquid**, 2) **Dampf**, 3) **Luft** oder **Gas**. Eine feste Materie wird durch eine gewisse Quantität gebundener Wärme liquid, durch eine größere Dampf, durch eine noch größere Luft, so daß es hier eine Stufenleiter der gebundenen Wärme giebt.

§. 731.

Schmelzen (*liquescere*, *liquefieri*) heißt aus dem festen Zustande (§. 168.) in den liquiden (§. 180) übergehen. Geschmolzen seyn nennt man auch **fliessen, im Flusse seyn**; wenn ein Körper schmilzt, so sagt man: er **kommt in Fluß**; einen Körper schmelzen (active) nennt man: ihn in Fluß bringen ꝛc. Ein Stoff, welcher dazu fähig ist, heißt **schmelzbar**. Einige Stoffe schmelzen schon

in

in geringen Graden der Wärme, andere erfordern höhere; jene heissen **leichtflüssig**, diese werden **strengflüssig** genannt.

Diese Unterscheidungen sind freilich nur relativ; eine bestimmte Gränzlinie kann es da nicht geben, indem von dem leichtflüssigsten der bekannten Stoffe eine Gränzlinie zu dem strengflüssigsten fortgeht.

§. 732.

So heissen auch Stoffe **unschmelzbar**, welche in den höchsten uns bekannten Wärmegraden nicht schmelzen. Es folgt aber aus der Beobachtung dieser Unschmelzbarkeit nicht, daß diese Stoffe **absolut** unschmelzbar seyn.

§. 733.

Einige strengflüssigere Materien gerathen doch in hinlänglicher Hitze in eine anfangende Schmelzung, so daß die vorher nur neben einander liegenden Theilchen mit einander vereinigt werden, obwohl das Ganze nicht fließt, sondern fest bleibt. Man nennt dieses **Zusammensintern**. Da die vorher da gewesenen Poren (§. 63) in der zusammengesinterten Masse nicht mehr da sind, so beruhet auf dieser Zusammensinterung der höhere Grad des Schwindens (§. 689).

§. 734.

Gefrieren, gestehen, erstarren, heißt aus dem liquiden Zustande in den festen übergehen. Eine Mate-

Materie, welche dazu fähig ist, heißt **gefrierbar**. Es giebt einige Stoffe, welche in der größten uns bekannten Kälte nicht gefrieren.

§. 735.

Derjenige Wärmegrad, welcher erfordert wird, um einen festen Körper zu schmelzen, heißt sein **Schmelzpunct** oder auch sein **Gefrierpunct** (bei Wasser auch sein **Eispunct**). Ein fester Körper kann durch Erwärmung, als fester Körper, nur bis zu diesem Grade ausgedehnt werden; wie die Erwärmung diesen Grad übersteigt, so wird er liquide. Ein liquider kann durch Erkältung als liquider Körper nur bis zu diesem Grade zusammengezogen werden; wie die Erkältung unter diesen Grad fortgeht, so wird er fest. Strengflüssige Stoffe haben [illegible]e, leichtflüssige Stoffe haben niedrige Schmelzpuncte (§. 731).

§. 736.

Wie überhaupt, wenn Stoffe mit einander gemischt werden, ihre Beschaffenheit dadurch mehr oder weniger geändert wird, so sind auch manche Gemische leichtflüssiger, als die Stoffe, aus denen sie bestehen.

Das **Schnellloth** ist leichtflüssiger als Zinn und Blei. Das **Rose'sche Metallgemisch** aus gleichviel Zinn, Blei und Wismuth (**Valentin Rose** Abh. von der Vermischung einiger Metalle, welche im koch. Wasser die Gestalt des lauf. Quecksilbers annehmen, im Stralsund.

fund. Mag. II. S. 24.) schmilzt schon im siedenden Wasser.

Schmelzbarkeit des Feldspaths.

§. 737.

Die Atomistik denkt die liquiden Körper als aus discreten Theilchen bestehend, in ihre Atome (§. 113) zertheilt, so daß in denselben nirgend Cohäsion, nicht einmal Adhäsion (§. 161) ist, sondern jeder Atom von seinem benachbarten durch eine äusserst dünne Schicht Wärmestoff getrennt ist. Dieser flüssigmachende Wärmestoff ist eben der gebundene in den liquiden Körpern. Ausser demselben kann nun noch ferner Wärmestoff zwischen die Atome treten, von welchem es abhängt, ob der liquide Körper mehr oder weniger ausgedehnt ist (§. 691). Wir aber denken uns einen liquiden Körper als stetig (§. 121. 694), durch seine ganze Masse mit gebundener Dehnkraft begabt, vermöge deren er flüssig ist. Der in den festen Körpern statt findende Gegensatz beider Grundkräfte, die davon abhängende Bildung einzelner Krystalle, die einander nur anhaften (§. 169), ist aufgehoben, so daß der ganze liquide Körper durchaus, obwohl schwache (durch die allgemein in ihr verbreitete Dehnkraft geschwächte) Cohäsien hat, und sich in Rücksicht auf die Form durchaus in einem indifferenten, also gestaltlosen, Zustande befindet.

In

In Rücksicht auf die Form. Liquides Wasser ist nicht nur in Rücksicht auf die Form, sondern auch in Rücksicht auf die Materie indifferent.

§. 738.

Das Schmelzen besteht in einer gewissen **Bindung der Wärme**, so daß man sagen kann, ein liquider Körper besteht aus demselben Stoffe, aus welchem er im festen Zustande bestehen würde, und gebundener Wärme (§. 697). Denn indem ein fester Körper schmilzt, wird allemal Wärme **gebunden**, und es entsteht daher Kälte; indem ein liquidrr gesteht, wird Wärme **entbunden**, und es entsteht daher Erhöhung der freien Wärme. Liquide Körper haben eine größere Capacität, (§. 706) als feste (von demselben Stoffe).

Wenn man Wasser, das 162° (nach Black 140°) Fahrenheit. Wärme hat, mit gleichviel kaltem Wasser, das die Temperatur 32° hat, aber noch nicht gefroren ist, vermischt, so erhält das Ganze nach Richmann's Regel die Temperatur 97°. Wenn man Wasser von 162° mit Schnee von der Temperatur 32° mischt (welches bei Thauwetter angeht), so schmilzt der Schnee; hingegen das ganze nun liquide Wasser erhält die Temperatur 32°. Alle über 32° da gewesene Wärme wird zum Schmelzen des Eises verwandt und daher so gebunden, daß sie nicht aufs Gefühl und aufs Thermometer wirken kann. **Wilke** von des Schnee's Kälte beim Schmelzen in den Schwed. Abhandl. 34. Band. 1772. S. 93. **De Luc** Meteorologie. I. §. 210.

Liquides Wasser kann (5° bis 6° Fahrenh.) bis unter seinen Gefrierpunct (0° Reaum. oder 32° Fahrenheit.) kalt

kalt werden, ohne zu gefrieren. Wie es aber dann zu Eis wird, so steigt das darin stehende Thermometer in demselben Augenblicke bis auf den Gefrierpunct. Aus eben diesem Grunde gefriert eine beträchtliche Quantität Wasser, obwohl sie derselben Kälte ganz ausgesezt ist, doch nicht ganz auf einmal, weil indem ein Theil gefriert, dadurch ein andrer erwärmt wird.

Minderung der Kälte im Winter bei der Verwandlung der **Wolken** in Schnee.

Ein Thermometer fällt, wenn seine Kugel mit Zinnfolie umwickelt in Quecksilber getaucht wird, während das Zinn im Quecksilber zergeht. (Es versteht sich, daß das Q. nicht kälter sey, als das Th. vorher war.)

Ein in einer Salzlauge (von Salpeter, Glaubersalz,) stehendes Thermometer steigt, indem das Salz sich plözlich krystallisirt.

Starke Erhitzung bei der Mischung entwässerter Schwefelsäure mit reiner **Magnesia**, mit welcher sie zu festem Bittersalz wird.

Rauchende Salpetersäure (und entwässerte Schwefelsäure) mit **Terpentinöl** zusammen gegossen, erhitzen sich bis zur Entzündung, indem das leztere in einen harzähnlichen Stoff verwandelt wird. Olai Borrichii *diss. efficere, vt duo spiritus tactu frigidi invicem confusi flammam edant* in Thom. Bartholini *act. med. et philosoph. Hafniens.* 1671. p. 133.

§. 739.

Wegen dieser Bindung der Wärme durch das Schmelzen behält Eis, das sich in einem Mittel (Luft, Wasser —) befindet, welches über dem Ge-

frierpuncte des Wassers warm ist, (so das Eis bei Thauwetter, in 36°, 37° Fahr.) unverändert seine Temperatur, nämlich die seines Gefrier- oder Schmelzpuncts (32° Fahr. oder 0° Reaum.), bis es geschmolzen ist. Daher hat Eis, in einer über den Gefrierpunct gehenden Temperatur, (so lange es Eis bleibt,) eine bestimmte Temperatur; da es hingegen in einer kälteren Temperatur, wie andere Stoffe, viel kälter werden kann.

De Luc neue Ideen über die Meteorologie. I. §. 169.

§. 740.

Auf eben dieser Bindung beruhet es, daß feste Salze, (welche ihr Krystallisationseis haben,) wie sie im Wasser sich auflösen, Kälte hervorbringen. Das Salz wird gezwungen, liquide zu werden und bindet dadurch Wärme. Die gleiche Wirkung erfolgt, wenn festes Wasser (Schnee) durch Mischung mit einem liquiden Salze gezwungen wird, zu schmelzen. Dieses Schmelzen hängt einestheils von der Anziehung des Wassers zu den Salzen, anderntheils davon ab, daß ein Gemisch, welches aus Wasser und Salz besteht, beträchtlich schwerer gefrierbar ist, als reines Wasser.

Salmiak 5 Th. und Salpeter 5 Th. mit Wasser 16 Th. von 50° Fahr. machen eine Kälte von 10° Fahr. Vers. mit mehreren gemengten Salzen s. in Richard Walker's Abh. in Gren's n. Journ. der Phys. III. S. 458.

Krystallisirtes ätzendes Kali 4 Th. mit Wasser 1 Th. von $\frac{1}{2}$° R. machte eine Kälte von — 7° R. Salzsaurer

saurer Kalk 3 Th. mit Wasser 2 Th. von 2° R. gab eine Kälte von 15° R. Lowitz in Crell's chem. Annalen. 1796. S. 529.

Zwar sollte hier Erhitzung entstehen, indem das auflösende Wasser dichter wird (§. 715), allein dieses Dichterwerden und die davon abhängende Minderung der spec. Wärme beträgt nicht so viel, als die Zunahme der Capacität im Salze und dessen Eise.

Wenn Kochsalz in einer Lauge von Glaubersalz aufgelöset wird, so wird dadurch die Dichtigkeit des Liquidums vermehrt und die Temperatur erhöht. Vauquelin's Versuche in den *Annales de Chimie*. XIII. p. 86.

Schnee 3 Th. verdünnte Salpetersäure 2 Th. beide bei 0° Fahr. gemischt, machten eine Kälte von — 46° Fahr. Gleiche Theile Schnee und verdünnte Schwefelsäure von — 20° Fahr. eine Kälte von — 56° Fahr. Walker a. a. O.

G. G. Schmidt Beitr. zur Beantwortung der Frage: ob Wärme chemisch gebunden werde? In Gren's n. Journ. der Physik. I. 2. S. 191.

§. 740. b.

Noch stärker ist die Wirkung, wenn Schnee und ein festes Salz auf einander wirken, indem dann auf beiden Seiten Schmelzung erfolgt. Die wechselseitige specifische Anziehung macht, daß beide mit einander sogar in einer Temperatur schmelzen, welche etwas niedriger ist, als der Schmelzpunct des Eises. Wie aber die Schmelzung des Gemengs anfängt, wird auch sogleich die Temperatur kälter, und wenn sie so viel kälter wird, daß dadurch

wieder Krystallisation erfolgt, so hört die erkältende Wirkung auf; im Gegentheil wird nun die Temperatur wieder um etwas erhöhet. Die größte Kälte, welche durch jedes Salz mit Schnee oder Eis hervorgebracht werden kann, ist daher diejenige, bei welcher eine gesättigte Auflösung dieses Salzes gefriert.

Blagden in Gren's Journal der Physik. S. 395. Auch mehrere Versuche über künstliche Kälte durch Schnee und Salze ebend. S. 389 fgg.

§. 741.

Salze, denen ihr Krystallisationseis (durch vorhergehendes Ausglühen oder auch nur durch Verwittern an trockener Luft) genommen ist, bringen die entgegengesetzte Wirkung hervor, wenn sie nur mit so viel Wasser in Berührung kommen, als nöthig ist, dieses Eis zu ersetzen. Denn dieses Wasser wird vermöge seiner Anziehung zum Salze mit demselben fest, und läßt daher seine gebundene Wärme fahren. Kommt mehr Wasser hinzu, so entsteht durch die Auflösung des Salzes (§. 739) ebenfalls Erkältung, die jedoch durch jene anfangs entstehende Erwärmung gemindert wird.

Auf diese Weise entsteht die Erhitzung, indem sogenannter lebendiger Kalk (dem man sein Krystallisationseis sammt der Kohlensäure durch Ausglühen genommen hat), mit Wasser begossen (gelöscht) wird. (Es versteht sich, daß der Kalk schon ganz wieder erkaltet sey.)

Eben so bei Glaubersalz (*Natrum muriaticum*). Bei diesem ist es hinreichend, daß es verwittert sey.

§. 742.

§. 742.

Die Anziehung eines Stoffes zur Wärme, oder seine Neigung, Wärme zu binden, ist das, welches seine Schmelzung befördert; seine Cohäsion hingegen das, welches seiner Schmelzung widesteht. Wie die verschiedenen Stoffe nach dem verschiedenen Verhältnisse ihrer Grundkräfte überhaupt mannigfaltig verschieden sind, so haben sie auch verschiedene Neigung, Wärme zu binden, und verschiedene Grade von Cohäsion. Von dem verschiedenen Verhältnisse dieser beiden einander widerstrebenden Kräfte hängt ihre Leicht- und Strengflüssigkeit ab.

§. 742.b.

Daß ein Körper schmelze, muß die Wärme seine Cohäsion (also die Dehnkraft muß die anziehende) überwinden. Daher schmelzen im Allgemeinen die Stoffe leichter, welcher weniger Cohäsion haben, und umgekehrt. Daher wird auch die Schmelzung durch vorhergehende Aufhebung der Cohäsion in gewissem Grade, (Zertheilung durch Zerstampfen, Zerreiben, rc.) mächtig erleichtert.

Vermehrung der Schmelzbarkeit des kohlensauren Kalks rc. durch Druck. James Hall in Geblens n. allg. Journal der Chemie. V. 3. S. 287.

§. 742.c.

Allein die Schmelzbarkeit der Körper steht nicht durchaus mit ihrer Cohäsion im Verhältnisse; wir

wir müssen daher annehmen, daß, so wie die Verschiedenheit der Stoffe unzählbar mannigfaltige Verschiedenheiten hat, dieselben auch unabhängig von dem Verhältnisse der Cohäsion verschiedene Neigung haben, Wärme zu binden.

Die Schmelzbarkeit steht weder durchaus mit der Stärke, (§. 172) noch mit der Härte, (§. 175) noch mit der Dichtigkeit (§. 55) im Verhältnisse.

§. 743.

Einige Stoffe schmelzen auf einmal; andere hingegen gehen nach und nach verschiedene Stufen von Weichheit und Dicklichkeit (spissitudo) durch, bis sie endlich vollkommen flüssig sind.

§. 744.

Die Flüssigkeit der liquiden Körper selbst scheint verschiedene Grade zu haben, so daß ein liquider Körper desto flüssiger ist, je wärmer er ist.

Am Wasser zeigen dieses gewisse Versuche, bei denen sich ergiebt, daß wärmeres Wasser durch Röhren ꝛc. schneller ausläuft, als kälteres. S. Gerstner über die Flüssigkeit des Wassers bei verschiedenen Temperaturen in Gilbert's Annalen der Physik. V. 2. S. 160. Ohne Zweifel hat die größere Wärme geringeren Zusammenhang der Theilchen des Wassers selbst, aber auch geringere Anziehung an die Wände der Röhren zur Wirkung.

§. 745.

Wenn ein liquider Körper bis auf seinen Gefrierpunct erkaltet ist, so gefriert er noch nicht. Dies

Dies geschieht erst, wenn er einige Grade unter demselben erkältet ist; dann aber erhöhet sich durch das Festwerden seine Temperatur wieder auf den Gefrierpunct. Merkwürdig ist dabei, daß dieses Gefrieren dann schneller erfolgt, wenn der Körper erschüttert wird.

Das leztere kann man zur Winterszeit oft am Wasser beobachten, zumal, wenn es mit Oel bedeckt gestanden hat.

§. 746.

Auch erfolgt das Gefrieren eines liquiden Körpers schneller, und wohl augenblicklich, wenn er von einem Krystalle gleichen Stoffes berührt wird.

Heller über das Gefrieren des Wassers in Gilbert's Annalen der Physik. I. 4. S. 474.

§. 747.

Einige Stoffe befördern die Schmelzung anderer, indem sie mit ihnen gemischt, ja schon indem sie nur mit ihnen gemengt sind. Man nennt sie Flüsse (*Fluores*).

Flußspath, der davon den Namen hat, ist Fluß für Kalk, mittelbar durch diesen für andere Erden. Kali ist Fluß für Kieselerde. Borax für alle Erden. Blei, Zinn, — sind Fluß für Kupfer, Silber, ꝛc. Quecksilber für Gold, Silber, Blei, Zinn, Zink, Wismuth, Tellur ꝛc.

§. 748.

In den meisten Fällen, in welchen ein Fluß einen anderen Stoff mit sich flüssig macht, schmilzt erst

erst der Fluß, oder ist schon geschmolzen, und bringt dann den anderen Stoff in Fluß. Gemeiniglich mischt sich dann der Fluß mit dem anderen Stoffe, welchen er mit sich flüssig macht, und in diesem Falle hängt das Flüssigmachen auch von der specifischen Anziehung des Flusses für den anderen Stoff ab.

Dieses ist eine Art der Auflösung, von welcher jedoch erst unten im chemischen Theile nähere Kenntniß gegeben werden kann.

So ist Wasser ein Fluß für Salze: sie werden in der gemeinen Temperatur mit ihm flüssig, da sie für sich allein in dieser Temperatur fest sind.

§. 749.

Allein es giebt Stoffe, welche, wenn sie nur mit einander gemengt sind, in einem Hitzgrade schmelzen, in welchem jeder allein nicht schmelzen würde. Hier wirkt zwar ebenfalls die specifische Anziehung, aber wechselseitig; nicht so, daß der eine Stoff erst flüssig würde ꝛc.

So bei Kalk und Thon im Schmelzofen; auch bei Schnee und festen Salzen in einer Temperatur, welche etwas unter dem Gefrierpuncte des Wassers ist.

§. 750.

Ein leichtflüssiger Stoff, wenn er mit einem andern, minder leichtflüssigen, gemischt ist, kann auch in so fern als Fluß für diesen wirken, daß er die-

diesen hindert, in einer Temperatur zu gefrieren, in welcher dieser für sich allein gefrieren würde.

So ist im Branntwein das Alkohol Fluß für das Eis.

§. 751.

Wie ein Stoff die Schmelzung eines andern befördern kann, so kann hingegen auch ein Stoff, welcher strengflüssiger ist, die Schmelzung eines leichtflüssigeren hindern, der mit ihm gemischt ist.

So hindert jedes Salz die Schmelzung seines Krystallisationseises: Kupfer die des mit ihm gemischten Bleies, so daß bei der Saigerung nicht alles Blei herausschmilzt ꝛc.

§. 752.

Ja es kann ein fester Stoff einen liquiden, zu welchem er Anziehung hat, fest machen, wenn des liquiden gegen den festen wenig ist, so daß der liquide mit dem festen sich mischt und dadurch mit ihm fest wird.

Wenig Wasser auf ungelöschten Kalk gegossen, wird mit ihm fest.

§. 753.

Wenn zwei Stoffe A und B, welche in verschiedenem Grade schmelzbar sind, mit einander in ein Gemisch vereinigt, einem Wärmegrade, welcher hinreichend wäre, den leichtflüssigeren Stoff A, im Fall dieser allein wäre, zu schmelzen, oder einem noch größeren ausgesetzt werden, so kann der Erfolg dreifach seyn. Entweder 1) der

leicht

leichtflüssigere Stoff A schmilzt aus dem Gemische heraus und der strengflüssigere Stoff B bleibt fest; oder 2) das Ganze schmilzt, indem der Stoff A dem Stoff B als Fluß dient (§. 747); oder 3) das Ganze bleibt fest, indem der Stoff B den Stoff A am Schmelzen hindert (§. 751). Welches geschehe, hängt von dem Grade der Schmelzbarkeit (§. 742) beider Stoffe, von dem Grade der wirkenden Wärme, und von der Größe der specifischen Anziehung beider Stoffe zu einander ab.

Exempel zu 1. Die Saigerung des Bleies und Silbers aus dem Schwarzkupfer. Zu 2. Das Zergehen des Glaubersalzes in seinem Krystallenwasser in der Siedhitze des Wassers. Zu 3. Das Festbleiben des Wassers im krystallisirten Glaubersalze in einer Wärme, die den Schmelzpunct des Wassers bei weitem übersteigt.

§. 753. b.

Wegen der Anziehung der Stoffe zu einander ist zum Schmelzen des Stoffes A, indem er mit B verbunden ist, allemal ein höherer Wärmegrad nöthig, als wenn A allein ist; und es erfolgt, so lange die Hitze nicht hinreicht, B allein zu schmelzen die Wirkung fast allemal so, daß A aus dem Ganzen herausschmilzt, und einen kleinen Theil von B mit sich nimmt, B aber fest bleibt, und einen kleinen Theil von A bei sich behält.

So ist das Werkblei von der Saigerung kupferhaltig, und das rückständige Kupfer, auch nach der Darrung, bleihaltig.

§. 754.

§. 754.

Da die liquiden Körper gebundene Wärme enthalten, vermöge deren sie flüssig sind, so sind sie dadurch an sich selbst auch lockerer (§. 55) oder specifisch leichter (§. 141) als die festen von derselben Art. Aber scheinbar sind die meisten festen Körper specifisch leichter, als die flüssigen derselben Art, weil die flüssigen bei dem Festwerden bestimmte Gestalt annehmen, so daß einzelne Krystallchen entstehen, die, größere Krystalle ausmachend, einander nur anhaften (§. 171. b.), also Zwischenräume (für Luft ꝛc.) lassen, welche hingegen verschwinden, indem diese Körper schmelzen.

Das Schwimmen des Eises auf Wasser, des festen Wismuths auf geschmolzenem ꝛc.

§. 755.

Gasarten und Dünste (§. 181) sind in viel höherem Grade ausgedehnt als Liquida, haben daher eine viel größere Capacität, und enthalten daher nach Verhältniß ihrer Masse viel mehr gebundene Wärme. Jede Gasart besteht gewissermaassen aus ihrem (wägbaren) Stoffe (Basis ponderabilis), und derjenigen Quantität gebundener Wärme, ohne welche dieser Stoff fest oder nur liquide seyn würde. Indem ein fester oder liquider Körper in den Gaszustand übergeht, wird Wärme gebunden; hingegen wird Wärme entbunden, wenn ein Gas liquide oder fest wird.

Er-

Erkältung durch Verdunstung. Bereitung von Eis zu Benares in Ostindien, bei 35° bis 40° Fahr. durch Verdunstung des **Wassers**. **Lloyd Williams** in **Gren's** Journ. der Physik. VIII. S. 409. **Naphtha** bringt, auf die mit Leinwand umwundene Kugel eines Thermometers getröpfelt, dasselbe in einer Wärme von 15° R. bald auf den Eispunct herab.

Kälte im Recipienten der **Luftpumpe** von der Verdunstung des Wassers bei gemindertem Luftdrucke. **Gren's** Apparat in s. **Journal der Phys.** II. S. 49. Fig. 3. Mit Naphtha, welche im Recipienten der Luftpumpe viel schneller verdunstet, als in der Luft, kann man bei äusserer warmer Temperatur (15° Fahr.) Wasser zu Eis machen. **Mayer's** Vorrichtung dazu in **Gren's** Journal d. Phys. II. S. 358. besteht aus drei in einander stehenden Gläsern.

Ein sehr dünnes (lakirtes) Gefäß von Pappdeckel verbrennt nicht über einem Kerzenflammenfeuer, wenn Wasser darin zum Sieden gebracht wird. Ein Zwirnsfaden um ein mit Wasser gefülltes Arzneiglas gewunden verbrennt nicht, indem dieses über einer Kerzenflamme erhitzt wird.

Wenn ätzendes Kali mit einer wässrigen Säure gemischt wird, so entsteht beträchtliche Erhitzung; wenn aber kohlensaures Kali — so entsteht sie nicht, weil die sich entbindende Kohlensäure, um Gas zu werden, die entbundene Wärme wieder bindet.

Eine Quantität Wasserdunst an einem kälteren Körper liquid werdend erhitzt denselben weit mehr, als eine gleiche Quantität eben so heisses liquides Wasser, schmilzt daher auch eine grössere Menge Eis. Nach **Schmidt's** Versuchen (über die latente Hitze des reinen Wasserdampfs

dampfs in Gren's neuem Journal der Physik IV. 3. S. 316.) verhält sich die gesammte Hitze des reinen Wasserdampfs von 100° Temperatur zu der des liquiden Wassers von gleicher Temperatur, wie 4,55 : 1.

Die gebundene Wärme des Wasserdampfs von kochendem Wasser, das bei $28\frac{1}{8}$'' Barometerstand kocht, würde, nach Watt's Versuchen, wenn es in einem nicht verdunstbaren Stoffe (von einerlei spec. Gewicht und Capacität mit dem Wasser) frei würde, die Wärme desselben um 943° Fahrenheit (oder $419\frac{1}{9}$° de Lüc.) erheben. De Lüc Ideen über die Meteorologie. I. §. 258. S. 180).

Wichtige Anwendung der Erhitzung durch Dampf. Graf Rumford in Gilbert's Annalen. XIII. 4. S. 385. Nicholson ebend. S. 395.

Erwärmung bei der Mischung des salpeterhalbsauren Gas und der Lebensluft zu dem Dampf des *Acidum nitrosum;* noch mehr bei der des Ammoniak und salzsauren Gas zu festem Salmiak. Schmelzung des Eises in Ammoniakgas, salzsaurem Gas.

Die bei der Verbrennung entstehende Hitze beruhet eben auf der gebundenen Wärme der Luft, welche dabei frei wird. S. unten das Kap. vom chemischen Processe.

§. 756.

Die Atomistik (§. 113) denkt die Gasarten und Dünste als aus discreten Theilchen bestehend, als in ihre Atome zertheilt, die nicht bloß, wie bei den liquiden Körpern durch äusserst dünne Schichtchen von Wärmestoff getrennt, sondern jeder auch noch durch eine Atmosphäre von gebundenem Wär-

meſtoff

meſtoff umgeben ſind ꝛc. (§. 691). Wir aber denken uns auch ein Gas als ſtetig (§. 121. 694).

§. 757.

Indem wir die mit expanſiver Elaſticität begabten Flüſſigkeiten mit einander vergleichen (§. 380. 381), finden wir unter ihnen einen wichtigen Unterſchied. Die **bleibenden**, eigentlich ſogenannten **Gas-** oder **Luftarten** bleiben auch in der gröſten uns bekannten Kälte Gas, d. h. ſie behalten ihre Ausdehnung, Zuſammendrückbarkeit und expanſive Elaſticität (§. 387).

§. 758.

Die **Dünſte** ſind, ſo lange ſie hinlänglich heiß ſind, in der groſſen Ausdehnung, Zuſammendrückbarkeit und expanſiven Elaſticität den Gasarten völlig ähnlich. Je heiſſer ein Dunſt iſt, deſto gröſſer iſt ſeine expanſive Elaſticität.

Die **Aeolipila** oder **Dunſtkugel** (**Wolff's** nützl. Verſ. I. Cap. 7. S. 460.), eine aus zwei hohlen kupfernen Halbkugeln mit Schlagloth zuſammengelöthete Kugel, welche einen koniſchen Schnabel hat, der in eine enge Mündung ausläuft. Man treibt durch Erhitzung die darin enthaltene Luft zum Theile heraus, hält nachher die Mündung des Schnabels in kaltes Waſſer, damit bei erfolgender Abkühlung die äuſſere Luft Waſſer hineintreibe (§. 686). Wie man nachher das Gefäß über glühende Kohlen ſtellt, ſo fährt, ſobald das Waſſer ſiedet, der entſtehende Waſſerdunſt mit groſſer Geſchwindigkeit zum Schnabel heraus, und kann ein leichtes Rad

Rad herumtreiben ꝛc. Wenn eine solche Aeolipila auf einem kleinen leichten Wagen befestigt und die Mündung des Schnabels mit einem Stöpsel verpfropft wird, so wirft der Dunst, nachdem seine Expansivkraft groß genug worden, die Reibung des Stöpsels zu überwinden, diesen heraus, und treibt, indem er mit seiner Ausdehnung vorwärts und rückwärts drückt, den Wagen rückwärts fort. Ein, wie das Segnersche Wasserrad (§. 334) eingerichteter hohler Kylinder; als Aeolipila angewandt, wird, durch eben diesen Rückdruck, um seine Axe gedrehet ꝛc.

Die **Knallkügelchen**, dünne Glaskügelchen, mit einem Stiele, etwa zum Drittheil mit Weingeist gefüllt. Steckt man sie an eine brennende Wachskerze, so kommt der Weingeist allmälig ins Sieden; endlich zersprengt der eingesperrte Dunst das Kügelchen mit einem Knalle.

§. 759.

Allein, sobald ein Dunst hinlänglich erkaltet, verliert er seine gasartige Beschaffenheit, und geht, durch einen Mittelzustand, den wir unter dem Namen des Dampfs unten untersuchen wollen, zu dem liquiden, oder gar zum festen Zustande über.

Den Namen **Dampf**, welchen die meisten Physiker für das brauchen, was ich hier Dunst nenne, brauche ich für den Mittelzustand zwischen Dunst und Liquidum.

Wilke's (Schwed. Abhandl. 1769. 31 B. S. 31.) und **Cajetan Berretray's** (Rozier *obss. sur la phys.* Tom. 38. p. 150.) Luftpumpen durch Wasserdämpfe. Ueb. in Gren's Journal der Physik. VI. S. 86. In Berretray's Pumpe werden die Dämpfe, welche die Luft des Kessels austreiben, im Kessel selbst gebildet, in

in Wilk's Pumpe aber durch eine Röhre hereinge- leitet.

Die Dampfmaschine. Beschreibung der Einrichtung der neuern Dampfmaschinen von F. A. C. Gren in s. neuen Journal der Physik. I. 2. S. 144. Arthur Woolf's Vorrichtung in Gilbert's Annalen der Physik. XXI. 4. S. 456.

§. 760.

Welcher Unterschied ist demnach zwischen einem Gas und einem Dunste? Ist er bloß relativ, so daß die Gasarten von den Dünsten in Rücksicht auf den elastischflüssigen Zustand nur so, wie strengflüssige Stoffe von leichtflüssigen in Rücksicht auf den liquiden unterschieden sind? So daß sie ebenfalls liquide oder fest werden würden, wenn sie nur in eine Temperatur, niedriger, als die niedrigsten uns bekannten, geriethen? Aus der Erfahrung läßt sich dieses nicht beweisen, eben, weil die Gasarten in den niedrigsten Temperaturen, die wir kennen, Gas bleiben. Hingegen ist es nicht nur möglich, daß die Gasarten etwas eigenthümliches haben, das sie von den Dünsten absolut unterscheidet, sondern auch vorzüglich aus den Erscheinungen im Galvanismus wahrscheinlich, daß die Ausdehnung der Gasarten nicht bloß von gebundener Wärme, sondern auch von Elektricität, positiver oder negativer, abhänge, die ihnen ohne chemische Aenderung nicht genommen werden kann.

Bei gleichem Grade der Wärme verdunstet das Wasser desto schneller, je stärker das Sonnenlicht ist, dem es ausgesetzt wird. Egid. Heller über den Einfluß des Sonnenlichts auf die Verdunstung des Wassers in Gilbert's Annalen. IV. 2. S. 210. Wahrscheinlich wirkt das Sonnenlicht mehr, als die dunkle Wärme; diese macht das Wasser nur zu Dunst, jene aber befördert, positive Elektricität erzeugend, seine Verwandlung in atmosphärische Luft.

§. 761.

In Rücksicht auf dieses Eigenthümliche sind die mancherlei Gasarten wieder darin verschieden, daß 1) einige vom Wasser verschluckt werden, d. h. ihren elastischen Zustand verlieren und, mit dem Wasser sich mischend, liquide werden, sobald sie mit Wasser in Berührung kommen; a) bei einigen derselben (kohlensaurem Gas, oxydirt salzsaurem Gas, oxydirtem Stickgas, schwefelhaltigem brennbaren Gas) dieses zugleich von der Temperatur abhängt, so daß das Wasser nur dann viel (etwa dem Volumen nach gleichviel ꝛc.) von dem Gas in sich nimmt, wenn es hinlänglich (8° bis 10° Reaum.) kalt ist, aber desto weniger, je heisser es ist, indem die Wärme den elastischen Zustand begünstiget; b) andere derselben (schweflichtsaures, salzsaures, flußsaures, Ammoniumgas,) auch von siedendheissem Wasser verschluckt werden; 2) andere hingegen (Lebensluft, brennbares Gas, phosphorhaltiges und kohlehaltiges

brennbares Gas, Stickgas, salpeterhalbsaures Gas,), auch von eiskaltem Wasser nicht (wenigstens nicht in beträchtlicher Quantität) verschluckt werden. Alle vom Wasser verschluckbaren Gasarten, wenn sie mit einem Stoffe von verschiedener materieller Beschaffenheit in Berührung kommen, verlieren ihren Gaszustand, und werden von diesem Stoffe verschluckt, d. h. mit ihm Dampf, liquide oder gar fest; selbst zwei Gasarten von verschiedener materieller Beschaffenheit (ein saures Gas und Ammoniumgas, salpeterhalbsaures Gas und Lebensluft) verlieren, wenn sie zusammen kommen, ihren Gaszustand, und werden mit einander Dampf, liquide oder gar fest. Hingegen Lebensluft und brennbares Gas, obwohl höchst verschieden (different), ja einander entgegengesetzt, verlieren durch die bloße Berührung mit einander ihren Gaszustand nicht, selbst dann nicht, wenn beide zugleich mit Wasser in Berührung sind. Sie verbinden sich erst dann, beide ihren Gaszustand aufgebend, zu Wasser, wenn der elektrische Funke oder auch nur Glühehitze eines brennbaren Stoffs sie zur Verbrennung bringt. Wir sehen aus diesen Vergleichungen, daß jenes Eigenthümliche der Gasarten in diesen beiden leztgenannten im höchsten Grade gebunden, bei den übrigen in verschiedenen geringeren Graden gebunden sey.

§. 762.

§. 762.

Wenn die Gasarten durch bloße Kälte nicht zum Zustande des Dampfs u. s. w. erniedrigt werden können, so ist freilich die Bindung der Wärme in ihnen von weit höherem Grade und auch wohl von anderer Art, als die in den Dünsten, und liquiden Körpern. Und gewissermaassen kann man sagen, daß nur in den Gasarten die Wärme eigentlich **gebunden** sey. Denn die liquiden Körper, auch die Dünste, behalten diejenige Wärme, vermöge deren sie ihren Grad von Flüssigkeit haben, doch nur so lange bei, und entziehen ihn der Mittheilung, als keine **zu niedrige** Temperatur sie dazu zwingt, ihren Flüssigkeitsgrad aufzugeben. Wenn dieses Statt findet, so verlieren sie zugleich mit ihrem Grade der Flüssigkeit allerdings auch die Wärme, von welcher dieser abhängig war.

§. 763.

Ein **Dunst** hat nur dann expansive Elasticität, wenn er sich in einer nicht zu niedrigen **Temperatur** befindet, und wenn er einem nicht zu starken **Drucke** ausgesetzt ist. Daß er sie behalte, hängt von **beiden** Umständen ab: je stärker der Druck ist, dem er ausgesetzt ist, desto höher muß die Temperatur seyn; je niedriger die Temperatur, desto schwächer muß der Druck seyn, um ihn im elastischen Zustande zu erhalten. Aber wenn ein für eine gewisse Temperatur zur starker Druck einen Dunst zwingt,

liquide zu werden, so erfolgt dadurch Erhöhung der Temperatur (§. 755).

Wenn der Dunst von siedendem Wasser in einen Behälter gelassen wird, der die Temperatur des siedenden Wassers hat, (oder endlich durch die heissen Dünste erhält,) und dann in dem Behälter zusammengedrückt wird, so erfolgt, indem ein Theil des Dunstes liquide wird, eine beträchtliche Erwärmung über den Siedpunct des Wassers. Volta und Scopoli über die Wärme in Crell's n. Entd. in der Chemie. XII. S. 47.

§. 764.

Vermöge ihres eigenthümlichen Zustandes (§. 760) läßt atmosphärische Luft, (wahrscheinlich jede andere Luftart,) sich in sehr hohem Grade zusammenpressen, und lange im zusammengepreßten Zustande erhalten, ohne ihren Luftzustand zu verlieren.

Robberval hat a. Luft in einer Windbüchse 16 Jahre lang im zusammengepreßten Zustande erhalten, und sie nachher noch eben so elastisch befunden, als vorher; Musschenbroek hat a. Luft in einem Schenkel einer zweischenklichten Röhre durch eine Quecksilber-Säule zusammengedrückt und eingesperrt, und nach 5 Jahren gefunden, daß sie bei gleicher Wärme noch immer denselben Raum einnahm.

§. 765.

Indessen hat doch jezt die Erfahrung gelehrt, daß durch schnelles Zusammendrücken atmosphärischer Luft beträchtliche Erhizung entstehe, welche sogar brennbare Körper entzünden kann. Es ist noch

noch nicht ausgemacht, ob die Luft dabei bloß einen großen Theil ihrer **freien** Wärme (also Luft bleibend), oder ob sie auch **gebundene** verliert, (und zu Wasser wird?)

Joh. Tob. **Mayers** hypothetischer Satz: „könnte man die Luft sehr schnell verdichten, so würde die Temperaturerhöhung noch ansehnlicher seyn" (über den Wärmestoff §. 152.) ist jezt zu einem Erfahrungssatze geworden durch **Mollet's** und **Dumotiez's** *Briquet pneumatique*. Es ist eine kleine messingene oder eiserne Pumpe, mit genau schliessendem geölten Stempel. Das offene Ende wird mit einer Schraube oder mit einem Hahn, am bequemsten mit einem messingenen konischen Zapfen luftdicht verschlossen, welcher auf die Art, wie ein Bajonet auf dem Flintenlaufe, befestigt wird. Ehe man diesen Zapfen aufsteckt, legt man in seine Höhlung ein Stückchen Zunderschwamm, und zieht den Stempel auf, damit der Kylinder der Pumpe mit atm. Luft gefüllt sey. Nachdem der Zapfen fest schließt, wird der Stempel schnell hineingedrückt, und dann sogleich der Zapfen herausgezogen. Der Zunderschwamm ist durch jene Wirkung so erhitzt worden, daß er sogleich sich entzündet, wie er die Luft berührt. Auch andre brennbare Stoffe werden wenigstens stark erhitzt, verkohlt ꝛc.; es hält nur schwer, sie, wie den Schwamm, glimmend herauszunehmen. Das Rosesche Metallgemisch (§. 736) schmilzt. **Gilbert** in seinen Annalen. XVIII. 4. S. 407.

Mollet (Prof. der Physik zu Lion) ist der Entdecker dieser Wirkung, zu welchem **Dumotiez**, Mechanicus in Paris, jenes Werkzeug zuerst verfertiget hat. Die erste Notiz davon steht in Joseph Izarn *lithologie atmo-*

mosphérique. Par. 1803. und aus dieser in Gilbert's Annalen. XV. 4. S. 459. Die andere gab Erman ebend. XVIII. 2. S. 240.

Schon Fox und Strutt zu Derby beobachteten Erhöhung der Temperatur bei Verdichtung der Luft. Gren's Journ. der Phys. I. S. 74.

§. 766.

Die entgegengesetzte Erscheinung zeigt sich, wenn Luft verdünnt wird: es entsteht Erkältung.

Erasmus Darwin über die Erzeugung der Kälte durch die Ausdehnung der Luft in *philos. Transact.* Vol. 78. 1788. I. übers. in Gren's Journ. der Phys. I. S. 73.

Entstehung des Schnee's an der Maschine zu Schemnitz (§. 393) obwohl die Temperatur des Wassers in der Maschine über 10° war. Huberti *institut. mathemat. Opusc.* IV. Hydrodynamica. Francof. 1758. p. 114. An Papin's Topfe (Ziegler in Gehlen's n. Journal der Chemie. I. 2. S. 221.) beim schnellen Herausfahren zusammengedrückter Luft. Bugge ebend. II. 6. S. 702.

Bei der Verdünnung der Luft unter der Luftpumpe ist aber auch darauf zu rechnen, daß aus liquidem Wasser, Oel, Dünste entstehen (§. 772), welches Kälte verursacht (§. 756). Bloß darauf? S. Gren in s. Journ. III. S. 197. John Dalton in Gilbert's Annalen der Physik. XIV. 1. S. 101.

§. 767.

Sieden (*ebullire*) (minder richtig auch Kochen genannt) ist der Uebergang eines liquiden Körpers in den Zustand eines Dunstes (§. 758) (*alias* Dam-

Dampfes). Eine kleine Quantität eines liquiden Körpers, durch und durch von der dazu nöthigen Wärme ergriffen, kann auf einmal versieden, d. h. indem sie auf einmal ganz siedet, als liquider Körper verschwinden. In den meisten Fällen aber vergeht während dieses Ueberganges eine geraume Zeit, indem jedesmal nur die heissesten Theile des liquiden Körpers sieden, aufsteigen, andre an ihre Stelle treten, eben so heiß werden, u. s. w. Diejenigen Theile des Liquidums, welche sieden, nehmen, indem dies geschieht, die viel größere Ausdehnung des Dunstes (§. 758) und, da sowohl die Dehnkraft von innen, als der umgebende Druck des noch übrigen Liquidums nach allen Seiten gleichmässig wirken, so nehmen sie zugleich eine kuglichte Gestalt an. Die einzelnen Kugeln des Dunstes im Liquidum nennt man **Blasen** (*Bullae*). Jede Dunstblase wird, da sie viel specifisch leichter ist, als Wasser, aufwärts gedrückt (§. 354), und stößt die über ihr liegenden Theile des Liquidums in die Höhe. Daher die aufwallende Bewegung.

§. 768.

Wie die Dunstblasen an den Spiegel des liquiden Körpers gelangen, so heben sie einen ihrer Grösse angemessenen Theil der obersten Schicht des liquiden Körpers in die Höhe, so daß diese ein Kugelsegment, als eine Decke der Blase, bildet. Wenn aber das Liquidum, (wie reines Wasser, Weingeist,) nur

nur sehr schwache Cohäsion hat, so **zerplatzen** sie, d. h. die durch den Druck aufwärts immer mehr gespannte und dünner werdende Decke wird getrennt und der Dunst tritt in den über dem Spiegel liegenden (Luft-) Raum. Wenn aber das Liquidum mehr Cohäsion hat (wie Bier, Seifenwasser rc.) so kann die Decke der Blase der Spannung, auch sehr dünn geworden, noch widerstehen, die noch eingehüllte Blase bleibt auf dem Wasserspiegel schwimmen (§. 355), und indem nach und nach mehrere Blasen auf dem Spiegel sich versammeln, so entsteht der **Schaum**.

§. 769.

Daß ein liquider Körper siede, dazu ist für jede dazu fähige Materie ein gewisser Grad der Wärme nöthig. Dieser Wärmegrad heißt der **Siedepunct** des liquiden Körpers: er ist das Maximum der Temperatur, welche er als solcher erreichen kann; alle übrige freie Wärme, welche zu ihm kommt, wird von ihm gebunden und nur dazu verwandt, ihn in Dunst zu verwandeln.

	Fahrenh.	Reaum.
Alkohol siedet bei	176°	64°
Wasser	212°	80°
Terpentinöl	230°	88°
Quecksilber	600°	252°

Die Siedepuncte bestimmen, wenigstens thermometrisch und relativ, den Grad der Flüchtigkeit der dunstfähigen Stoffe; der flüchtigere Stoff hat einen niedrigeren, der minder flüchtige einen höheren Siedepunct.

§. 770.

§. 770.

Bei dem Sieden eines liquiden Körpers hat die Wärme oder die Dehnkraft zwei Kräfte zu überwinden: erstlich die **Cohäsion** des liquiden Körpers, zweitens den **Druck** der Luft oder des Dunstes, welcher auf das Liquidum drückt. In so fern die Cohäsion einiger liquider Körper mehr, anderer weniger widersteht, haben dieselben bei einem und demselben Drucke der Atmosphäre verschiedene Siedepuncte.

§. 771.

Aber auch der Druck der das Liquidum umgebenden Luft rc. also im gewöhnlichen Falle der Druck der Atmosphäre kann der Ausdehnung des Liquidums zu Dunste, in verschiedenem Grade widerstehen, und **der liquide Körper kann nicht eher sieden, bis seine Wärme ihn eben so stark dehnt, als dieser Druck ihn zusammendrückt.** Daher gelten die gemeinen Bestimmungen des Siedepuncts nur von dem Sieden unter einem gewissen Drucke der Atmosphäre (28″ Barometerstand).

§. 772.

Bei **schwächerem** Luftdrucke ist ein geringerer Wärmegrad hinreichend, ein Liquidum zum Sieden zu bringen. Daher siedet Wasser auf hohen Bergen (§. 434) unter einem Drucke von 22″, 21″,... Barometerstand schon bei 75, 74°,..... unter der Luftpumpe (1″6‴ Barometerstand) schon bei 29°, rc.

De

De Luc Unters. über die Atmosphäre II. §. 857. Gren in s. neuen Journ. der Phys. I. S. 187.

Naphtha siedet unter der Luftpumpe, in gemeiner Temperatur (10° bis 15° R.), so schnell und heftig, daß man dadurch liquides Wasser bald in Eis verwandeln kann (§. 755).

Alle flüchtige Liquida unter der Luftpumpe verdunsten sogleich desto mehr, je mehr die Luft verdünnt wird; wie sie durch Zulassung der äussern wieder verdichtet wird, so werden sie wieder zu Tropfen niedergeschlagen. Am stärksten zeigt sich jenes in der Torricellischen Leere. Van Marum in Gilbert's Annalen der Physik. I. 2. S. 145.

§. 773.

Hingegen wird auch ein höherer Hitzgrad erfordert, um ein Liquidum zum Sieden zu bringen, auf welches der Druck einer Luft oder eines Dunstes drückt, welcher stärker als der gewöhnliche Druck der Atmosphäre ist, und ein desto höherer Hitzgrad, je stärker dieser Druck ist, eben weil zum Sieden des liquiden Körpers erfordert wird, daß die Hitze ihn stärker dehne, als dieser Druck ihn zusammendrückt. Daher ist das siedende Wasser im Papinischen Topfe viel heisser, als das an freier Luft siedende.

Der von Dionysius Papin (*La manière d'amollir les os* par Mr. Papin Amst. 1681. 8.) erfundene und nach ihm genannte Topf von dichtem Eisen, Kupfer, oder Messing gemacht, wird, wenn er gebraucht wird, zu etwa einem Drittheil seines Raums mit Was-

ser

ser gefüllt, und nachdem durch Auspumpen, oder durch Sieden mit Beibehaltung einer Oeffnung (wobei der Wasserdunst selbst die Luft vor sich hertreibt,) die Luft herausgeschafft worden, mit seinem Deckel luftdicht verschlossen, dann allmälig erhitzt, bis zum Sieden des Wassers. Da der entstehende Wasserdunst in dem Raume über dem Wasserspiegel eingesperret, und desselben immer mehr wird, so erhält er immer mehr Dichtigkeit und absolute Elasticität (§. 414), und drückt immer mehr auf das liquide Wasser. Dieses nimmt daher, aus der äusseren hinlänglichen Hitze, mehr Hitze an, als es annehmen könnte, wenn es an freier Luft siedete und immer mehr Hitze an, je stärker der Dunst auf dasselbe drückt, kann daher desto stärker auf in ihm befindliche Massen wirken, Knochen zermalmen, den Leim ganz aus ihrer erdigten Masse ausziehen 2c. Eben dadurch aber bekommt auch der Dampf immer größere Hitze und immer größere spec. Elasticität (§. 684).

Wichtige Bemerkung von Schmidt in Gren's neuem Journal der Physik. IV. 3. S. 316.

Neuere Einrichtung des Papinischen Topfs. Wilke in Crell's n. Entd. in der Chemie. I. S. 88. Edelcranz im neuen Journal der Chemie. II. 6. S. 616. Dess. vereinigtes Sicherungs- und Vacuums-Ventil in Gilbert's Annalen XXII. 2. S. 124.

§. 774.

Die absolute Elasticität der aus einem an freier Luft siedenden Liquidum sich entbindenden Dunste wird durch die Höhe des jedesmaligen Barometerstandes (§. 433) gemessen; denn sie ist dem Drucke der Atmosphäre gleich (§. 771).

§. 775.

§. 775.

Wenn zwei Liquida an freier Luft sieden, so ist die Elasticität ihrer Dünste gleich, obwohl das eine dabei heisser ist, als das andere. Wenn aber in gesperrten Gefäßen zwei Liquida, die verschiedene Siedepuncte (§. 769) haben, gleich heiß sind, so haben die Dünste desjenigen mehr Elasticität, welches den niedrigeren Siedepunct hat.

§. 776.

Die absolute expansive **Elasticität** eingeschlossener Wasserdünste kann **gemessen werden**, indem man dieselben mittelst einer einem Barometer ähnlichen Vorrichtung gegen eine Quecksilbersäule drücken läßt.

Ziegler, **Betancourt**, **G. G. Schmidt** (in Giessen), **Bicker** und **Rouppe** haben auf solche Weise die absolute Elasticität der Wasserdämpfe untersucht.

Betancourt bediente sich eines Gefäßes, welches fast wie der Papinische Topf (§. 773) eingerichtet war, und aus dessen aufgelöthetem Deckel eine Röhre senkrecht aufwärts, dann wagerecht seitwärts, dann senkrecht abwärts zu einem Heberbarometer (§. 448) führte, dessen Torricellische Röhre 110″ lang war. Eine Seitenröhre diente, um, nachdem der Topf zu einer gewissen Höhe mit Wasser gefüllt war, die über dem Wasser befindliche Luft auszupumpen; durch den Deckel gieng ein Thermometer. Nachdem der Apparat ganz verschlossen zur Eiskälte gebracht worden, wurde er nach und nach erhitzt: wie dadurch Wasserdunst entstand, und durch die Erhitzung immer mehr Expansivkraft erhielt,

drück-

drückte derselbe auf das Q. im kurzen Schenkel des Barometers und trieb es dadurch in den langen immer höher hinauf. Der Stand des Q. in dem langen Schenkel war bei der Eiskälte ein wenig höher, als im kürzern, wegen der im Topfe noch übrigen Luft; dieser Stand wurde als o gesetzt, und die Höhe des Q. im langen Schenkel über diesem o wurde als das Maaß der Elasticität des Wasserdampfs bei der zugleich beobachteten Temperatur angesehen.

Weil bei **Betancourt's** Apparate der Dunst auf dem langen Wege durch die enge zum Barometer führende Röhre schon an seiner expansiven Elasticität verliert, so brachte **Schmidt** ein einem Gefäßbarometer ähnliches Werkzeug über dem Deckel an; damit keine so sehr lange Barometerröhre nöthig sey, ließ er die Röhre offen. (Tab. VII. fig. 127.) Der Druck des Dunstes im Behälter drückte durch eine Röhre ac auf das Q. im Gefäße, und trieb solches in der Barometerröhre bd hinauf. Die Höhe des Q. in dieser Röhre + dem (dem äussern Luftdrucke gleichen) Stande eines ordentlichen Barometers war das Maaß der Elasticität des Dunsts. Die Luft des Gefäßes wurde durch die Wasserdünste selbst, zu Anfang des Siedens herausgetrieben, dann erst der Hahn des Gefäßes geschlossen; daher fangen die Beobachtungen erst bei 80° Reaum. an.

Die Elasticität bei minderen Wärmegraden wurde mit Ciarcy's Dampfbarometer gemessen.

Ciarcy's Dampfbarometer oder Dampf-Elasticitätsmesser (Tab. VII. fig. 126. **Schmidt** a. a. O. S. 278.) abcd ist ein Gefäßbarometer, an dessen Gefäß eine Röhre d angeblasen ist, die sich in eine Kugel h erweitert. Die Oeffnung e des Gefäßes am Barometer ist mit

mit einem Korkstöpsel luftdicht verwahrt, durch welchen ein Thermometer f g geht, dessen Kugel g im Luftraume des Gefäßes steht. Die Phiole k enthält Wasser; ihr umgebogener dünner Hals geht durch den Stöpsel i, welcher luftdicht schließt, in die Kugel h. Wenn, indem das Wasser in der Phiole k siedet, die Oeffnung o offen gelassen, bis der Wasserdunst die Luft herausgetrieben hat, dann verschlossen wird, so ist der Raum h d g ganz mit dem Wasserdunst erfüllt, der dann auf das Quecksilber des Barometers drückt ꝛc. Während der Abkühlung können die Grade des Drucks unter 80° gemessen werden. Ueber die Kautelen beim Gebrauche des Werkzeugs s. Schmidt's Abh. a. a. O.

Wärmegrad:	Quecksilberhöhe als Maaß des Druckes:	
	Nach Betancourt:	Nach Schmidt:
0	0″	
5	0″,02	0″,11
10	0″,15	0″,28
15	0″,35	0″,55
20	0″,65	0″,90
25	1″,05	1″,30
30	1″,52	1″,93
35	2″,15	2″,80
40	2″,92	3″,80
45	3″,95	5″,05
50	5″,35	6″,61
55	7″,32	8″,57
60	9″,05	10″,98
65	13″,20	14″,07
70	16″,90	17″,92
75	21″,75	22″,29

Wär-

Wärmegrad:	Nach Betancourt:	Nach Schmidt:
80	28″,00	28″,00
81		——
82		31″,05
83		32″,56
84		33″,98
85	36″,45	35″,39
86		36″,91
87		38″,42
88		40″,24
89		41″,86
90	46″,40	43″,77
91		45″,89
92		48″,02
93		50″,03
94		51″,84
95	57″,80	54″,18
96°		56″,71
97°		59″,18
98°		61″,75
99°		64″,28
100°	71″,80	67″,00
101°		69″,53
102°		72″,46
103°		75″,29
104°		78″,22
105°	86″,80	80″,95
106°		84″,99
107°		88″,22
108°		92″,06
109°		96″,20
110°	98″,00	100″,72
111°		104″,35

Wär-

Wärmegrad:	Nach Betancourt:	Nach Schmidt:
112°		109″,18
113°		113″,10
114°		117″,12

Jo. Henr. Ziegler *de digestore Papini*. Basil. 1769. 4. *Memoire sur la force expansive de la vapeur de l'eau et de l'esprit de vin* par Mr. de Betancourt. Paris. 1792. 4. **G. G. Schmidt** über die Expansivkraft, dichte und latente Hitze des reinen Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen in **Gren's** neuem Journal der Physik. IV. 3. S. 251. **L. Bicker** und **H. W. Rouppe** Beschr. eines neuen Dampfmessers und damit angestellter Versuche über die Expansivkraft des Wasserdampfs in höheren Temperaturen aus den Schr. der Ges. der Wiss. zu Rotterdam übers. in **Gilbert's** Annalen der Physik. X. 3. S. 257.

§. 776. b.

Diese Messungen bestätigen den Satz §. 771. indem sie zeigen, daß der eingeschlossene Wasserdunst, wenn er die Temperatur (80°) des an freier Luft unter dem gewöhnlichen Luftdrucke siedenden Wassers hat, das Quecksilber auf diejenige Höhe (28″) hebt, auf welche es der gewöhnliche Luftdruck hebt.

§. 776. c.

Eben solche Messungen zeigen auch, daß der **mit Luft vermengte Wasserdunst** in gleicher Temperatur weniger Elasticität habe, als der reine, indem seine Anziehung zu der Luft seine größere Expansivkraft mindert.

G. G.

G. G. Schmidt's Abh. über die Expansivkraft des mit Luft vermischten Wasserdampfs in verschiedenen Temperaturen in Gren's neuem Journal der Physik. IV. 3. S. 347.

§. 777.

Da die Stoffe, welche die Gasarten ausmachen, auch in den niedrigsten uns bekannten Temperaturen Gas sind, so versteht sich von selbst, daß wir keinen festen oder liquiden Körper durch bloße Erhitzung in Gas verwandeln können. Daß aus einem solchen ein Gas entstehe, dazu ist allemal eine chemische Zersetzung desselben nöthig, bei welcher derjenige Stoff frei (oder erst neu erzeugt) wird, welcher dann, (durch Bindung von positiver oder negativer Elektricität,) zu einer Gasart wird. Daher findet auch für die Gasarten eigentlich kein Sieden (§. 767) Statt. Allein, wenn aus einem liquiden Körper durch chemische Zersetzung desselben sich ein Gas entbindet, so erfolgt durch das Aufwärtssteigen der Gaskugeln (Blasen) eine dem Sieden ganz ähnliche Bewegung.

§. 778.

Wenn Wasser, das einen Stoff in sich eingemischt enthält, der für sich allein Gas ist, und nur mit kaltem Wasser sich mischt (§. 761), nach und nach, endlich bis zum Sieden erhitzt wird, so erfolgt erst eine dem Sieden ähnliche Bewegung, bei welcher der Gasstoff vom Wasser sich losreißt, und

Gas wird; dann, nachdem dieser ganz ausgetrieben worden, erst das Sieden des Wassers selbst. Siedendes Wasser kann von einem solchen Stoffe nichts enthalten, und läßt ihn bei zunehmender Wärme nach und nach völlig fahren, ehe es siedet.

Man kann dieses z. E. bei kalten kohlensauren Mineralwässern sehr deutlich wahrnehmen, wenn man in einer Glasretorte die Kohlensäure aus ihnen scheidet. So lange nur diese sich entbindet, bleibt der Retortenhals kalt; sobald aber das Wasser selbst siedet, wird der Hals sehr heiß, indem die Wasserdünste an ihm liquide werden.

§. 779.

Da zu allen diesen Erscheinungen, welche mit dem eigentlichen Sieden verbunden sind, Flüssigkeit des in Dunst übergehenden Körpers schon vor der Verwandlung in Dunst erfordert wird, so kann ein fester Körper nicht unmittelbar sieden, sondern er muß vorher schmelzen.

§. 780.

Wenn aber in dem Innern eines festen Körpers Dunst oder Gas erzeugt wird, so kann dieses, sobald es durch seine Menge nach Verhältniß seines Raums, also durch seine Dichtigkeit (§. 414), oder durch Erhitzung (§. 684), oder beides, eine dazu hinlängliche expansive Elasticität erhält, die Cohäsion des festen Körpers oder die Adhäsion seiner Theile (§. 161 fgg.) mit einem Ausbruche (§. 395) überwinden, und die Körper zersprengen. Man sagt

sagt alsdann, der Körper zerplatze: aber obwohl diese Wirkung mit dem Trennen eines liquiden Körpers durch die Dunstbläschen beim Sieden (§. 768) Aehnlichkeit hat, muß es doch davon wohl unterschieden werden.

§. 781.

Es giebt noch einen Mittelzustand zwischen dem liquiden und dem des Dunstes, in welchen die Dünste durch Abkühlung erst übergehen, ehe sie liquide werden. Wir nennen ihn im gemeinen Leben **Dampf** (*Vapor*) und können füglich diesen Namen beibehalten, obwohl viele Physiker ihn für das gebrauchen, was wir oben Dunst genannt haben.

Die Namen: **Nebel**, **Rauch**, werden auch für die Dämpfe gebraucht; man kann vielleicht schicklich den feuchten Dampf **Nebel** nennen, und den trocknen **Rauch**.

§. 782.

Die Natur dieses Dampfes ist viel räthselhafter und weniger erforscht, als die des Dunstes und Gas. Offenbar ist er in viel höherem Grade ausgedehnt, als ein liquider Körper, theils so viel, daß er eben so specifisch leicht, ja noch leichter wird, als atmosphärische Luft. Doch besteht er aus einzelnen von einander **abgesonderten** (discreten) **Theilchen**, und ist daher undurchsichtig (§. 489). Je mehr er dem Zustande eines Dunstes sich nähert, desto kleiner sind diese Theilchen, je mehr dem Zustan-

de eines liquiden Körpers, desto grösser sind sie, und desto kenntlicher ist es, daß sie wirklich kleine Tröpfchen sind.

§. 783.

Da aber doch ein Dampf specifisch leichter seyn kann, als atmosphärische Luft und andere Luftarten, so müssen diese Tröpfchen entweder jedes eine gasartige an ihm haftende **Atmosphäre** haben, oder, wie Seifenblasen, **hohl**, und mit einem Gas angefüllt seyn. Dieses Gas muß dann um so viel specifisch leichter seyn, daß das mittlere spec. Gewicht jedes Tröpfchens kleiner wird, als das spec. Gewicht der Luft, in welchem der Dampf aufsteigt. In so fern man das leztere annimmt, nennt man die Dampftheilchen **Dampfbläschen.**

An siedend heissem Wasser, insbesondre an gefärbtem, wie an Caffeeabsud, kann man, wenn man dasselbe in den Sonnenschein stellet, mit einem einfachen Vergrösserungsglase diese Dampfbläschen deutlich wahrnehmen, wie sie auf dem Wasserspiegel gebildet werden, erst über denselben hinschweben, dann aufsteigen. Man muß sie von den soliden Tröpfchen unterscheiden, welche nur von den aufsteigenden Dünsten in die Höhe gestossen werden, und wieder niederfallen. **Christian Gottlieb Kratzenstein** (Abh. von dem Aufsteigen der Dünste und Dämpfe. Halle 1744. 8.) welcher insbesondere §. 13. die Bläschengestalt daraus erweiset, daß die Dunsttröpfchen die Sonnenstralen nicht so, wie solide Tröpfchen, mit den Farben des Regenbogens zurückwerfen, hat diese Bläschen aufs genaueste untersucht. Nach **de Saussure** (Hygrometrie. Uebers. Leipzig 1784. 8. §. 198.

§. 198. fgg.) haben diese Bläschen auch noch eine Atmosphäre, vermöge deren sie abgehalten werden, sich mit einander, oder mit dem Wasserspiegel, über dem sie schweben, zu vereinigen.

§. 784.

Wenn ein liquider Körper zu Dampf wird, so können die Dampfbläschen so entstehen, daß, indem Dunstbläschen entstanden sind, und sich aus dem Spiegel des Liquidums erheben, sie durch Anziehung eine dünne Hülle von dem Liquidum mit sich nehmen, die, wegen der gleichmäßigen Anziehung, sie in gleicher Dicke ringsum einschließt. Wenn aber ein Dunst zu Dampf wird, so kann diese Bildung nicht anders entstehen, als indem einige Theile des Dunstes Dunst bleiben, andere liquide werden, diese Theile aber von jenen so angezogen werden, daß sie Hüllen derselben bilden.

Wahrscheinlich ist diese sphärische Bildung Wirkung einer entstehenden electrischen Polarität. Diejenigen Theile des Dampfs, welche das Innere der Dampfbläschen geben, werden positiv elektrisch, und, durch Bindung des + E, Gas (§. 760); diejenigen, welche die Hüllen geben, werden negativ elektrisch, und dadurch von jenen angezogen. Jeder Halbmesser eines solchen Bläschens hat seinen + E-Pol im Mittelpuncte, seinen — E-Pol auf der Oberfläche der kleinen Sphäre.

§. 785.

Die Verdunstung erfolgt bei gleichem äussern Luftdrucke schon in etwas geringerer Wärme, als die,

die ist, welche zum Sieden erfordert wird, weil die nur auf der Oberfläche liegenden Theilchen leichter von der noch liquiden Masse getrennt werden, als die im Innern derselben liegenden. Aber an der langsamen Verdunstung des Wassers, Alkohols, ätherischer Oele, rc. die schon in viel geringerer Wärme verdunsten, als sieden, hat auch die umgebende Luft vermöge ihrer Anziehung zu den Dünsten dieser Stoffe Antheil, und befördert das Dunstwerden derselben, indem sie strebt, die zum Dunstwerden schon fertigen Theile in sich aufzulösen und dadurch vollends zu Dunst zu machen.

Freilich befördert die Verdünnung der Luft unter der Luftpumpe das Sieden und Verdunsten, und die Verdichtung schlägt die Dünste wiederum nieder, welches dieser Behauptung zu widersprechen scheint. Allein es beweiset bloß, daß bei schwächerem Luftdrucke ein geringerer Wärmegrad zum schnellern Dunstwerden eines liquiden Körpers hinreicht.

Den Antheil der Luft an der Verdunstung beweisen für das Wasser die Feuchtheit der Luft, welche mit Wasser lange in Berührung war, auch in einer Temperatur, welche viel zu niedrig ist, um für sich allein bei dem Drucke dieser Luft das Wasser in Dunst zu verwandeln, und die beträchtliche Vermehrung der Verdunstung in der Luft durch Vergrößerung der Oberfläche des Wassers. Für Alkohol, ätherische Oele, kann man dieselben Erscheinungen aufstellen. Wenn eine gewisse Quantität Wasser in einem engmündigen Gefäße in einen mit trockner Luft erfüllten Behälter gebracht wird, und dieselbe oder eine noch geringere Quantität Wasser, mit der

der ein leinener Lappen getränkt ist, in dieselbe Luft gebracht wird, so wird, wie das Hygrometer zeigt, im leztern Falle die Luft viel mehr und geschwinder feucht, als im ersten ꝛc.

Hier ist aber die Rede bloß von einer mechanisch-chemischen Auflösung der Dünste in der Luft, bei der die Luft auf die Liquida wirkt, wie Flüsse auf feste Körper, nicht von einer dynamisch-chemischen. S. unten die Artikel: chemischer Proceß und Wasser.

De Luc's Theorie der Ausdünstung. (Briefe über die Verdunstung aus Rozier *obss. sur la phys.* Tom. 36. Mars. 197. Avril 1776. übers. in Gren's Journal der Phys. II. S. 402. III. S. 132. und Ideen über die Meteorologie. Ueb. Berlin 1787. 8.) obwohl er die Dünste ganz atomistisch betrachtet, widerspricht dieser Behauptung nicht. Er redet selbst §. 14. von einer Vermischung der Luft mit den Dünsten, welche sie in den Stand setzt, auch bei stärkerem Drucke oder niedrigerer Temperatur Dunst zu bleiben.

§. 786.

Ein Dunst kann mit Luft gemischt werden und behält dann, vermöge seiner Anziehung zu der Luft, auch in niedrigerer Temperatur, in welcher er für sich allein nicht Dunst bleiben würde, seine Dunstbeschaffenheit bei, gerade so, wie ein für sich festes Salz, mit hinlänglichem Wasser gemischt, in einer Temperatur liquid bleibt, in welcher es für sich allein fest werden würde. So ist die atmosphärische Luft mit mehr oder weniger Wasserdunst gemischt und dadurch mehr oder weniger feucht.

§. 787.

§. 787.

Ein Stoff, welcher fähig ist, zu Gas oder Dunst, zu Dampf zu werden, heißt **flüchtig** (*volatilis*), und jede jener Verwandlungen eines festen oder liquiden Stoffs in Gas, Dunst, Dampf, heißt **Verflüchtigung**. Ein solcher hingegen, welcher, auch im hohen Grade erhitzt, fest oder doch nur liquide bleibt, heißt **feuerbeständig** (*fixa*). Diese Eigenschaften sind aber, wie jene (§. 731), nur relativ verschieden; und ein Stoff, der für einen gewissen hohen Hitzgrad feuerbeständig ist, kann gar wohl für einen noch höheren flüchtig seyn.

Nicht alle Stoffe sind flüchtig, nicht einmal alle, welche schmelzbar sind. Fette Oele verdunsten, als solche, nicht; wenn sie bei hinlänglicher Hitze endlich aufwallen und Dunst geben, so werden sie zersetzt, und ihr Dunst ist nicht fettes Oel, sondern brandiges Oel und Fettsäure. S. Carradori in Gilbert's Annalen der Physik. XII. 1. S. 103.

§. 788.

Von dem Begriffe der Feuerbeständigkeit ist der Begriff der **Feuerfestigkeit**, als mehr umfassend, noch zu unterscheiden. **Feuerfest** heissen diejenigen festen Körper, welche in sehr hohen Hitzgraden weder verflüchtigt werden (§. 786), noch schmelzen (§. 731), noch schwinden (§. 689), noch reissen (§. 688).

§. 789.

Der Uebergang eines liquiden Körpers, Dampfs, Dunstes oder eines Gas in den festen Zustand heißt im Allgemeinen Gerinnung (*Coagulatio*).

§. 790.

Wenn zwei Stoffe A und B, welche in verschiedenem Grade flüchtig sind, mit einander in ein Gemisch vereinigt, einem Wärmegrade, welcher hinreichend wäre, den flüchtigeren Stoff A, im Fall dieser allein wäre, zu verflüchtigen, oder einem noch größerem ausgesetzt werden, so kann der Erfolg dreifach seyn. Entweder 1) der flüchtigere Stoff A wird allein verflüchtigt, und der feuerbeständigere Stoff B bleibt zurück; oder 2) das Ganze wird verflüchtigt, indem der flüchtigere Stoff den feuerbeständigeren mit sich verflüchtigt; 3) oder das Ganze bleibt feuerbeständig, indem der feuerbeständigere Stoff den flüchtigeren zurückhält. Welches geschehe, hängt von dem Grade der Flüchtigkeit beider Stoffe, von dem Grade der wirkenden Wärme und von der Größe der specifischen Anziehung der Stoffe zu einander ab.

Exempel zu 1: die Verflüchtigung des Ammoniums aus dem *Ammonium phosphoricum*; zu 2: die Verflüchtigung des salzsauren Eisenoxyds, der flußsauren Kieselerde; zu 3: die Feuerbeständigkeit des Gypses, salzsauren Kalks rc.

§. 791.

Wegen der Anziehung der Stoffe zu einander ist zur Verflüchtigung des Stoffs A, indem er mit B verbunden ist, allemal ein höherer Wärmegrad nöthig, als wenn A allein ist, und es erfolgt, so lange die Hitze nicht hinreicht, B allein zu verflüchtigen, die Wirkung fast allemal so, daß A sich verflüchtigt und einen kleinen Theil von B mit sich verflüchtigt, B aber zurückbleibt und einen kleinen Theil von A zurückhält.

So bei der Erhitzung des salzsauren Eisensalzes, des Quecksilbersalpeters rc.

§. 792.

Auf der Trennung flüchtiger und feuerbeständiger Stoffe durch Erhitzung (§. 791) und auf dem Gerinnen der Dünste in der Kälte (§. 759) beruhet die Destillation. Der Körper, aus welchem ein flüchtiger Stoff ausgeschieden und gesammlet werden soll, wird in einem Gefäße (Kolben, Blase) erhitzt; der sich entbindende Dunst verbreitet sich bis in den auf jenem Gefäße sitzenden Helm (*Alembicus*), und gerinnt, wenn dieser schon kühl genug ist, darin zu Tropfen, welche durch den Schnabel des Helms in die Vorlage (*Excipulum*) fliessen. Bei großen Quantitäten dienen zur Abkühlung der Dünste die mit kaltem Wasser gefüllten Kühlgefäße: der den Helm umgebende Mohrenkopf oder besser das neben der Blase stehende Kühlfaß, durch welches die Kühlröhre geht. Bei der leztern Geräthschaft

schaft gehen die Dünste noch als Dünste in den Helmschnabel und werden erst in der Kühlröhre verdichtet.

Die Destillation in dieser Geräthschaft heißt die gerade (*recta*) oder aufsteigende (*per adscensum*). Die Geräthschaft zur schrägen (*obliqua*) oder seitwärts gehenden (*ad latus*) besteht nur aus zwei Gefäßen, der Retorte (gleichsam Kolben und Helm in einem Stücke) und Vorlage.

§. 793.

Die **Sublimation**, welche sich eben darauf gründet, ist von der Destillation nur darin verschieden, daß die Dünste in der Abkühlung nicht liquid, sondern fest werden. Sie setzen sich, fest werdend, im Helme oder schon im Halse des Kolbens an.

Hieher gehört auch die Entstehung des Ofenbruchs etc.

§. 794.

Sowohl feste, als liquide Körper und Dämpfe sind fähig, zu glühen (§. 675). Glühender Dampf heißt **Flamme**. Die Flamme entsteht, indem ein heisser brennbarer Dunst (Phosphor, Schwefel, Zink, —) oder brennbares Gas mit dem Oxygene als Gas (Lebensluft, atmosphärischer Luft) zusammenkommt und verbrennt. Durch die entstehende Oxydation erfolgt Verdichtung des Gas oder des Dunstes zu Dampf, und die dadurch frei werdende Dehnkraft wird Glühehitze (§. 701). Indem die Flamme in der umgebenden Luft abgekühlt wird,

blei-

bleiben ihre inneren Theile heisser, als die äussern, und bewegen sich daher schneller; davon ihre konisch zugespitzte Gestalt. Das zugespitzte Ende der Flamme verliert durch Abkühlung die Glühehitze und geht in dunklen Dampf über.

§. 795.

Jede besondere Art von Stoff, wie sie nach dem specifischen Verhältnisse und der specifischen Modification der Grundkräfte ihre verschiedenen Beschaffenheiten überhaupt hat, ist auch in einem bestimmten Grade schmelzbar, flüchtig, — oder nicht: und daher fest, liquide, Dampf, Dunst oder Gas, in allen bekannten Temperaturen oder nur in gewissen. Daher ist in manchen Fällen die bloße Mischung zweier Stoffe zu einem, oder die Zerlegung eines gemischten Stoffes in zwei hinreichend, daß die Festigkeit in Flüssigkeit, oder umgekehrt, liquide Stoffe in Dämpfe, oder umgekehrt, u. s. w. verwandelt werden, weil durch die Mischung und Zerlegung neue Stoffe entstehen, welche andere Grade der Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, — haben, als die alten, aus denen sie entstanden sind.

Entstehung fester Kieselerde aus Kieselfeuchtigkeit (Auflösung des aus 1 Theil Kieselerde und 4 Theilen Kali geschmolzenen Gemischs in der dreifachen Quantität des ganzen Wassers) und Säure (Vitriolöl). Fester kohlensaurer Kalkerde und salzsauren Kali's aus gesättigter Lauge von salzsaurer Kalkerde und gesättigter Lauge von kohlensaurem Kali. Festen Salmiaks aus salz-

salzsaurem Gas und Ammoniumgas. Entstehung von Salpeterstoffgas und kohlensaurem Gas durch die Verpuffung von Salpeter und Kohle. Schmelzung gemischter Steine, die aus Kalk, Thon und Kiesel bestehen, in einer Temperatur, in welcher jeder dieser Stoffe allein nicht schmilzt. Schmelzung des Schnelllothes aus Blei und Zinn in einer Hitze, in welcher blosses Blei oder blosses Zinn nicht schmelzen; des leichtflüssigen aus Zinn, Blei und Wismuth (gleichviel) bestehenden Metalls rc.

§. 796.

Es kommt jedoch für flüchtige Stoffe auch auf den Druck der Atmosphäre oder des andern elastischflüssigen Stoffes an, unter welchem sich jener befindet. Ohne allen äussern Druck würden wir reines Wasser, Alkohol, Naphtha, gar nicht im liquiden Zustande kennen (§. 771. 772).

§. 797.

Wenn zwei Stoffe, welche zu einander so große specifische Anziehung haben, daß sie sich bestreben, sobald sie einander berühren, sich mit einander zu mischen, mit einander in Berührung gebracht werden, so werden sie durch eben diese specifische Anziehung, welche sie zwingt, sich mit einander zu mischen, auch gezwungen, aus dem festen, flüssigeren rc. Zustande, in den minder flüssigen, festen rc. überzugehen.

§. 798.

Es ist noch übrig, zu erklären, wie die (freie) Wärme entstehe? Diese Frage soll, denn von

dem

dem ursprünglichen Entstehen der Dehnkraft ist hier nicht die Rede, so viel bedeuten als: wie es möglich sey, daß ein Körper wärmer oder kälter werde?

§. 799.

Eine vorzügliche Quelle der Wärme auf unserer Erde ist die **Sonne**. Da von den Weltkörpern insbesondere erst im andern Theile der Physik die Rede seyn kann, so bemerken wir hier nur, daß die Stralen der Sonne als Lichtstralen nicht an sich als warm gedacht werden dürfen, sondern so, daß sie auf unserer Erde Wärme erzeugen, in so fern ihr Licht von der Erde aufgehalten wird (§. 699).

Daher die Kälte in den höheren Schichten der Atmosphäre und auf hohen Bergen.

§. 800.

Da das Licht wärmt, in so fern es zur Wärme wird, so steht unter übrigens gleichen Umständen die Erleuchtung einer erleuchteten Fläche mit der Erwärmung derselben im Verhältnisse. Daher wird die nördliche Erdhälfte nicht allein mehr erleuchtet, sondern auch mehr erwärmt (hat **Sommer**), wenn die Sonne diesseits des Aequators, (näher am oder im Wendekreise des Krebses) steht, weil dann die Sonnenstralen weniger schief, theils gar senkrecht, auf diese Hälfte fallen 2c. und überhaupt wird die heisse Zone zwischen den Wendekreisen aus demselben Grunde beständig mehr erleuchtet und erwärmt, als die gemäßigte; die kalten werden

den beides am wenigsten, weil sie die Sonnenstralen nur unter sehr schiefen Winkeln empfangen (§. 495).

§. 801.

Aus der Optik erhellet, wie das Sonnenlicht durch Brennspiegel (§. 551 fgg.) und Brenngläser (§. 591. b. fgg.) durch Versammlung der parallel auf diese Werkzeuge fallenden Stralen in einen kleinen Brennraum, theils in ein Brennpunct, gleichsam verdichtet werden kann. Wie dadurch die Stärke des Lichtes erhöhet wird, so wird zugleich die ganze Wärme, welche alle auf den Spiegel oder das Glas fallenden Stralen bewirken können, in diesen kleinen Raum versammlet, und dadurch eine große Hitze bewirkt.

§. 802.

Wenn zwei Brennspiegel auf eine Axe so gestellt werden, daß sie einander ihre hohlen Flächen zuwenden, dann in den Brennraum F des einen A glühende Kohlen gelegt, in den f des andern B ein leicht entzündlicher Körper gestellt wird, so werden die Stralen aus F von A parallel zurückgeworfen, fallen auf B, werden in f versammlet, und zünden den entzündlichen Körper an.

§. 803.

Die sphärischen Hohlspiegel (§. 551) sind als Brennspiegel hinlänglich brauchbar §. 554), da es hier, um nur große Hitze zu machen, nicht darauf an-

ankommt, alle von einem Puncte kommenden Stralen ganz genau wieder in ein Punct zu versammlen, obwohl die parabolischen (§. 563) wegen ihrer Eigenschaft noch wirksamer sind. Der Brennraum dieser Spiegel (§. 562) erhält bei gleicher Stärke der Sonnenstralen desto größere Hitze, je größer die Spiegelfläche ist, weil desto mehr Stralen in dem Brennraum vereinigt werden. Je flacher dabei der Spiegel ist, so daß er nur wenige Grade fasset, desto kürzer wird der Brennraum (§. 555), desto größer also in so fern die Intensität der Hitze. Man macht jedoch die Brennspiegel lieber weniger flach, weil die flachen lange Brennweiten haben, in denen der Stralenkegel vermöge der umgebenden Luft und des entstehenden Luftzugs mehr Hitze verliert.

Der noch in Dresden befindliche große Brennspiegel des Herrn von Tschirnhausen (*Act. erud. Lips.* 1687. p. 52) ist aus einer Kupferplatte geschlagen, hat 3 Leipziger Ellen im Durchmesser und 2 Ellen Brennweite.

Brennspiegel, welche die Gestalt einer Zone eines hohlen gleichseitigen Kegels haben. Widder *de peculiari speculorum causticorum genere* in den *Actis acad. Theod. Palatinae.* IV. Phys. p. 385.

Mehrere kleine ebene Spiegel auf die hohle Fläche eines Kugelsegments befestigt, wirken zusammen nach Art eines Brennspiegels. Buffon in den *Mem. de l'ac. roy. des sc.* 1747.

§. 804.

Auch der Brennraum eines Brennglases (§. 640.b) erhält bei gleicher Stärke der Sonnenstralen

stralen desto größere Hitze, je größer die Glasfläche ist, weil desto mehr Stralen in einen engen Raum vereinigt werden. Aus eben dem Grunde, welcher bei den Brennspiegeln Statt findet (§. 799), macht man die Brenngläser nicht zu flach; auch dient ein **Collectivglas**, d. h. ein zweites kleineres Brennglas, mit dem ersten auf eine Axe gestellt, die durch das erste Glas entstandenen Stralenkegel noch mehr zur Convergenz zu bringen, damit sie in kleinerer Entfernung vereinigt werden, und der Brennraum noch kleiner, also die Hitze noch größer werde.

Von den Brenngläsern des Herrn von Tschirnhausen, sind noch zwei in Paris, beide von 33″ Durchmesser, das eine von 7′ Brennweite, das andere von 12′ Brennweite ꝛc. (*Act. erud. Lips.* 1691. p. 517. 1697. p. 414.) Noch stärker als diese wirkt das, welches 1774. der Staatsrath Trudaine in Paris verfertigen ließ. Es besteht aus zweien Kugelsegmenten von einer Kugel, die 8′ im Halbmesser hat; das Ganze ist in der Mitte 7″ 9‴ der Zwischenraum in der Mitte 6″ 5‴ dick. Dieser Zwischenraum wird mit Terpentinöl angefüllt (§. 586).

§. 805.

Wenn die Brennspiegel und Brenngläser so stark als möglich wirken sollen, so müssen sie so gestellt werden, daß die Sonnenstralen senkrecht, also parallel mit ihrer Axe, auf sie fallen. Dann wird das Sonnenbild **kreisrund** und der Brennraum so **klein** als möglich, da hingegen schiefe

Richtung gegen die Sonnenstralen ein länglicht verzerrtes Sonnenbild und daher einen größern Brennraum giebt.

§. 806.

Auf der Erde selbst entsteht die Erwärmung, (die allgemeine Mittheilung (§. 706), indem ein Körper mit wärmeren in Berührung tritt, abgerechnet,) in vielen Fällen dadurch, daß der Stoff eines Körpers auf der Stufenleiter der gebundenen Wärme herabsteigt, so daß ein Gas zu Dampf, liquide oder fest; ein Dampf liquide oder fest; ein liquider Körper fest wird. Dadurch wird die Capacität des Stoffs vermindert, und daher gebundene Wärme frei (§. 706). So geschieht es insbesondere bei der **Verbrennung**, deren Grund und Weise jedoch erst unten im Kap. vom chemischen Processe eingesehen werden kann. Künstliche Erwärmung durch Holz und andere Brennmaterialien beruhet also auf diesem Processe.

§. 807.

Schon die bloße **Verdichtung** eines Körpers bewirkt Erwärmung, obwohl seine Festigkeit oder Flüssigkeit nicht geändert wird, durch Minderung der specifischen Wärme (§. 707). So bei der Mischung solcher flüssiger Körper, welche mit einander gemischt einen kleineren Raum einnehmen, als einzeln zusammengenommen (§. 715), bei der Zusammendrückung der Luft (§. 765). rc.

§. 808.

§. 808.

Eben darauf beruhet auch wahrscheinlich die Erwärmung durch **Reiben**. Wenn zwei Körper an einander gerieben, d. h. dicht an einander hin bewegt werden, so entsteht allemal Wärme, oft in einem Grade, welcher bis zur Entzündung geht. Bei der Reibung erfolgt ohne Zweifel ein wechselseitiger Druck der Erhabenheiten der einen reibenden Fläche gegen die der anderen, welcher desto stärker wirkt, je geschwinder die reibende Bewegung ist. Dieser Druck, da er die Dichtigkeit der gedrückten Theilchen (theils des Körpers selbst, theils der eingeschlossenen Lufttheilchen erhöhet,) mindert die specifische Wärme (§. 707) und bewirkt dadurch Erhöhung der Temperatur.

Daß etwa die **Luft** an der Entstehung der Wärme durch Reiben Antheil habe, machen wenigstens die Versuche in der Guerickischen Leere (§. 465) unwahrscheinlich, indem Reibung, vermöge eines Uhrwercks im Recipienten hervorgebracht, ein eben so hohes, ja wohl noch höheres Steigen des Thermometers hervorbringt, nachdem die Luft des R. äusserst verdünnt worden, als wenn er voll Luft ist. **Pictet** über das Feuer. §. 154 fgg. S. auch **Rumford** a. a. O. S. 18. **Davy** in **Gehlen's** n. Journal der Chemie. I. 4. S. 371. Zwar giebt ein Feuerzeug im luftvollen Raume Funken, die sich nachher als geschmolzene Stahlkügelchen zeigen, im luftleeren nicht, und man findet nach dem Anschlagen in diesem nur abgekratzte dünne Stahlstreifchen. Allein dieses hängt davon ab, daß zu jener Wirkung ein höherer

Grad von Hitze erfordert wird, der von der Verbrennung herrührt, welche ohne Oxygene nicht möglich ist.

Graf von Rumford über den Ursprung der durch Friction bewirkten Wärme in Scherer's allg. Journal der Chemie. I. 1.

§. 809.

Nach einigen Beobachtungen scheint auch **dunkle Wärme** auszustralen und durch Brennspiegel versammlet werden zu können. Indessen können wir daraus, daß unser Auge an einem warmen Körper kein Licht empfindet, nicht schliessen, daß er gar nicht leuchte, und die **stralende Wärme** ist wohl nichts anders, als stralendes Licht (§. 698), das nur zu schwach ist, um von unserem Auge empfunden zu werden.

Pictet über das Feuer. §. 48. fgg. Auch Gilbert's Annalen. XIII. 1. S. 120.

Friedländer's Nachr. von den neuesten Vers. des Grafen Rumford über die stralende Wärme in Gilbert's Annalen der Physik. XVII. 1. S. 33.

Ueber (scheinbare) Zurückstralung der Kälte. Pictet über das Feuer. §. 69 fg.

Die Thermometer.

§. 810.

Wärmemesser oder **Thermometer** nennt man diejenigen Werkzeuge, welche dazu dienen, die verschiedenen Grade der freien Wärme (**Temperaturen**) zu messen. Da sie, wie ihre Betrachtung zeigen

zeigen wird, eigentlich nur anzeigen, ob ein an einem Körper zu einer Zeit beobachteter Wärmegrad dem Wärmegrade eines andern Körpers oder desselben zu einer andern Zeit gleich sey, oder ob er größer, kleiner sey, so heissen sie besser **Wärmezeiger** oder **Thermoskope**.

§. 811.

Das wesentliche an jedem Thermometer ist ein (**thermoskopischer**) Körper, welcher durch die Erwärmung merklich genug im Volumen vergrössert (ausgedehnt), durch die Erkältung merklich genug im Volumen verkleinert wird, und in jedem bestimmten Wärmegrade allemal ein bestimmtes Volumen erhält. Wir messen dieses Volumen, indem wir dem Körper eine größere Länge als Breite und Dicke geben, nur in der Länge; dazu dient dann die **Scale**, eine parallel mit der Länge des Körpers gehende in gleiche Theile getheillte gerade Linie. Diese Scale muß zwei bestimmte Puncte (**feste** Puncte) haben, welche zwei bestimmte Temperaturen anzeigen; der Abstand zwischen beiden heißt der **Fundamentalabstand**. Die Eintheilung dieses Abstands in gleiche Theile (**Grade**) muß nach dem Verhältniß der Ausdehnung des thermoskopischen Körpers geschehen; diese Eintheilung muß unter den niedrigsten Punct und über den höchsten Punct des Fundamentalabstandes fortgesetzt werden, so weit es die Länge des ganzen Werkzeuges gestattet.

§. 812.

§. 812.

Das Thermometer zeigt an seiner Scale seine eigene Ausdehnung und dadurch seinen **eigenen** Wärmegrad; es zeigt aber zugleich den Wärmegrad des Körpers, von dem es umgeben ist, in so fern die freie Wärme desselben nach Maaßgabe der specifischen Wärme desselben in das Thermometer übergeht. Wenn das Thermometer in einen Körper von höherer Temperatur kommt, so nimmt seine Ausdehnung zu; wenn es in einen von niedrigerer kommt, so nimmt sie ab; und es beharret in seinem Volumen, sobald der umgebende Körper und das Th. gleiche Temperatur haben.

Wenn der andere Körper, dessen Wärmegrad man messen will, so viel mehr Masse hat, als das Thermometer, das die leztere dagegen unbeträchtlich wird, so zeigt das Th. auch wenn es viel wärmer, oder kälter war, als der Körper, den Wärmegrad des Körpers ohne beträchtliche Aenderung: wenn aber die Masse des andern Körpers nicht viel größer, als die des Th., ist, so wird der andere Körper durch das Thermometer erst beträchtlich erwärmt oder abgekühlt, und das Th. zeigt nur die Temperatur, welche der Körper nach dieser Aenderung erhalten hat.

§. 813.

Ein Thermometer heißt **empfindlich**, wenn es durch Aenderungen der Temperatur beträchtlich genug ausgedehnt wird, so daß man auch kleine Aenderungen derselben merklich genug wahrnehmen kann. Bei übrigens gleichen Eigenschaften ist ein Thermometer

meter desto brauchbarer, je empfindlicher es ist. Auch muß ein brauchbares Thermometer die Wärme schnell annehmen und fahren lassen, damit es die Aenderungen der Temperatur in den umgebenden Körpern geschwinde genug anzeige.

§. 814.

Flüssige Körper sind zu Thermometern viel brauchbarer, weil sie durch gleiche Aenderung der Temperatur ihr Volumen viel mehr ändern, als feste. Man wendet den flüssigen Körper an, indem man ihn in eine **Glasröhre** einsperret, welche an einem Ende in eine **Kugel** (oder einen Kylinder) erweitert ist, und richtet das Werkzeug gemeiniglich so ein, daß, indem dasselbe senkrecht hängt, die Oberfläche des flüssigen Körpers bei der Erwärmung **steigt**, bei der Erkältung **fällt**.

§. 815.

Die empfindlichsten Thermometer sind (§. 680) die **Luftthermometer**, welche aus einer Glasröhre bestehen, in der (atmosphärische) Luft durch einen liquiden Körper eingesperrt ist. Sie haben aber im allgemeinen den Mangel, daß es schwer ist, für Thermometer, welche zu verschiedenen Zeiten verfertigt werden, sich Luft von gleicher Trockenheit und einerlei chemischer Beschaffenheit zu verschaffen.

§. 816.

Das älteste Luftthermometer und zugleich das älteste Thermometer überhaupt ist das Drebbelische

sche (Tab. III. fig. 58.). m ist eine hohle Glaskugel, welche in eine Röhre w w n übergeht, die an ihrem Ende offen ist, und mit diesem in Wasser steht, das in einem Gefäße enthalten ist. Wie die Luft m wärmer wird, so treibt sie den Spiegel des in der Röhre stehenden Wassers herab; wie sie kälter wird, und sich zusammenzieht, so steigt das Wasser in der Röhre hinauf.

Man schreibt die Erfindung dieses Thermometers einem Landmanne aus Alkmar in Nordholland, Cornelius Drebbel, zu, und setzt die Zeit der Erfindung in die erste Hälfte des siebenzehnten Jahrhunderts.

Statt gemeinen leicht verderbenden und gefrierenden Wassers, nimmt man dazu Scheidewasser, und färbt es, um sein Steigen und Fallen leichter wahrzunehmen, indem man etwas Messing darin auflöset. Damit der Spiegel des Wassers in der Röhre hoch genug zur Wahrnehmung stehe, erhitzt man die Kugel erst in einem durch Versuche zu findenden Grade, so daß nachher, wenn die Mündung der Röhre eingetaucht ist, der äussere Luftdruck das Wasser hoch genug in die Röhre hinauftreibe, damit auch in höherer Temperatur der innere Wasserspiegel noch über dem äusseren, nicht wie in der Figur, unter demselben, stehe.

§. 817.

Dieses Thermometer hat aber den beträchtlichen Mangel, daß es zugleich als Barometer wirkt, weil die äussere Luft auf den äussern Wasserspiegel drückt. Bei demselben Wärmegrade wird das Wasser in der Röhre höher stehen, wenn die äussere Luft

Luft stärker drückt ꝛc. Dieser Mangel ist in Amontons **Luftthermometer** dadurch einigermaassen gehoben, das man gegen die eingesperrte Luft eine senkrechte Quecksilbersäule drücken lässet (welche, wenn die eingesperrte Luft wärmer wird, von ihr aufwärts getrieben wird, ꝛc. steigt ꝛc.) und zu der Höhe dieser Säule jedesmal den Barometerstand (§. 433) addirt.

In der Kugel m (Tab. IV. fig. 76.) ist die Luft eingesperrt. Die gekrümmte Röhre a v b, in welche die Kugel übergeht, ist oben bei b offen, und so weit mit Quecksilber gefüllt, daß dasselbe, wenn die Kugel in siedendem Wasser steht, noch nicht an das offene Ende der Röhre reicht, und noch einen Theil der Kugel anfüllt. Die Höhe der Quecksilbersäule, welche jedesmal über dem Spiegel a steht, sammt der Barometerhöhe, ist das Maaß der jedesmaligen Temperatur. Amontons in den *Mem. de l'ac. roy. des sc.* 1702. p. 1.

§. 818.

Ganz gehoben ist dieser Mangel in Bernoulli's **Luftthermometer** (Tab. IV. fig. 76.), welches eben so gestaltet ist, aber mit dem Unterschiede, daß die Röhre in b zugeschmolzen, und der daselbst über dem Q. befindliche Raum eine Torricellische Leere (§. 407) ist.

Dan. Bernouilli *hydrodynamica*. Argent. 1738. 4. p. 204. Mann kann dieses Thermometer aus jedem guten Barometer machen, wenn man das Gefäß am kurzen Schenkel zuschmelzt. Nur muß die Torri-

celli-

lich zu seyn, (§. 814) und am gefärbten Weingeiste kann man das Steigen und Fallen viel besser, als am Quecksilber sehen. Hingegen ist er für höhere Hitzgrade unbrauchbar, indem er schon in einer viel geringeren Hitze (64° R. 176 F), als Wasser, siedet (§. 769), und in den höheren Wärmegraden, noch ehe er seinen Siedepunct erreicht, bei gleicher Zunahme der Temperatur weit mehr, als in den niederen ausgedehnt wird. **Quecksilber** hat im Allgemeinen vor allen anderen liquiden Stoffen den Vorzug. Es gefriert erst in einer Kälte (— 32° R. — 40° F.), welche weit unter dem Gefrierpuncte des Wassers ist, und siedet erst in einer Hitze (600° F. 254° R.) welche weit über dem Siedpuncte des Wassers liegt; es dehnt sich, noch weit über diese Gränzen hinaus, sehr gleichmäßig aus; es nimmt die Wärme und Kälte schneller, als Weingeist, jede wäßrige und öligte Flüssigkeit, an; überdem ist es weit leichter in gleicher Reinheit, als Weingeist, zu haben, und insbesondere leichter, als jede wäßrige oder öligte Flüssigkeit durch Auskochen von Luft zu befreien.

De Luc Unters. über die Atmosphäre. I. §. 422. fgg. S. 455 fgg.

§. 821.

Das älteste **Weingeistthermometer**, dessen sich die Florentiner Akademie zu ihren Versuchen bediente, hatte eine sehr unbestimmte Scale, indem

indem man eine Stelle, ungefähr in der Mitte der Röhre, auf welcher der Weingeist an einem kühlen Orte, (in einem Keller,) stand, mit o bezeichnete, und von dieser aufwärts willkührlich abgetheilte Grade der Wärme, abwärts Grade der Kälte zählte.

§. 822.

Reaumur gab seinem **Weingeistthermometer** (Tab. IV. fig. 75.) eine Scale von der genauesten Bestimmtheit. Er bezeichnete an demselben als feste Puncte 1) das **Eispunct des Wassers**, die Stelle, auf welcher das obere Ende der Weingeistsäule steht, wenn das Thermometer von gefrierendem Wasser umgeben ist, 2) das **Siedepunct**, auf welchem dasselbe steht, wenn es von siedendem Wasser (das unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre siedet) (§. 771) umgeben ist. Den **Fundamentalabstand** zwischen diesen beiden Puncten theilte er in 80 gleiche Theile, weil er gefunden hatte, daß der Weingeist vom Eispuncte bis zum Siedepuncte des Wassers um 0,080 seines Volumens ausgedehnt werde; bezeichnete also mit o (Zero) den Eispunct des Wassers, und zählte von diesem 80° zum Siedepuncte des Wassers hinauf.

Grade unter o werden mit — (minus) bezeichnet; Grade über o mit + (plus); doch die Zahlen der lezteren meist ohne Vorzeichen geschrieben.

Um das Siedepunct des Wassers an diesem Th. (wenigstens einigermaassen) bestimmen zu können, verdünnte Reau-

Reaumur den höchstentwässerten Weingeist mit einem Fünftheile Wasser. Solcher Weingeist gefriert aber in einem hohen Grade der Kälte (— 37 R.).

Regles *pour construire des thermomètres, dont les degrés soient comparables* par M. Reaumur in den *Mem. de l'ac. roy. des sc.* 1730. p. 452. Second memoire ebend. 1731. p. 250.

G. G. Haubold, resp. I. S. T. Gehler *diss. de thermometro* Reaumuriano. Lips. 1771. 4.

Schon Renaldini (*philos. nat.* Patav. 1694. fol. III. p. 276.) hatte vorgeschlagen, am florentinischen Th. (§. 821) den Eispunct des Wassers zu bestimmen ꝛc.

Newton's Leinölthermometer. *Philos. transact.* 1701. p. 270.

§. 823.

Daniel Gabriel Fahrenheit war der erste, welcher die vorzüglichen thermoskopischen Eigenschaften des Quecksilbers benutzte, und das erste Quecksilberthermometer verfertigte (Tab. IV. fig. 75.). Er setzte zum obern festen Puncte seines **Fundamentalabstandes** (§. 812) den Siedepunct des Quecksilbers, zum untern den Kältegrad, welcher entsteht, wenn gleiche Theile Schnee und Salmiak mit einander gemischt werden. Er nahm das Volumen des Quecksilbers im Thermometer bei diesem Kältegrade in 11124 gleiche Theile getheilt an; da es bis zum Siedepunct des Q. um 600 solcher Theile ausgedehnt wurde, so theilte er seinen Fundamentalabstand in 600 Grade. **Das Siedepunct des Wassers** ist nach dieser Scale 212°, **das Eispunct des Wassers** 32°.

Meist

Meist geben die Fahrenheitischen Th. auch nur bis 212°, und der Abstand dieses Grads von dem Null dieses Th. an. wird auch hier gewöhnlich Fundamentalabstand genannt. Fahrenheit's Thermometer unterscheidet sich auch noch dadurch vom Reaumurschen, daß es statt der Kugel wegen der nach Verhältniß des Kubikinhalts größern Oberfläche einen Kylinder hat.

Uebrigens hatte Halley schon 1680 das Quecksilber zum Thermoskope vorgeschlagen. *Phil. transact.* N 197, p. 650.

§. 824.

Da neuere Untersuchungen gezeigt haben, daß das Gefrierpunct des Wassers ein ganz bestimmter Grad des Thermometers sey, und sich leicht ganz genau bestimmen lasse (S. unten §. 827), auch dieser einen natürlicheren Terminus a quo giebt, als der nicht so leicht genau zu bestimmende Grad, welchen Schnee mit Salmiak gemischt hervorbringt, so hat Reaumur's Fundamentalabstand dadurch bei den Physikern heutiges Tages den Vorzug erhalten. Da aber das Quecksilber der brauchbarste thermoskopische Stoff ist, so hat man heutiges Tages gewöhnlich **Quecksilberthermometer** mit Reaumürscher Scale, die jedoch mit eigentlichen Reaumurschen (mit Weingeist gefüllten) Thermometern nicht übereinstimmen können, weil Weingeist und Quecksilber bei gleicher Zunahme der Temperatur nicht in gleichem Verhältnisse ausgedehnt werden.

Ein Quecksilberthermometer mit Reaumürscher Scale heißt gewöhnlich ein de Lucsches Thermometer.

§. 825.

§. 825.

Um Wärmegrade nach Fahrenheit's Thermometer angegeben auf Reaumurische zu bringen, und umgekehrt) darf man nur bemerken, daß Fahrenheit's 32° mit Reaumur's 0 (Eispunct), Fahrenheits 212° mit Reaumur's 80° (Siedepunct) übereinstimmen; daß also Fahrenheit's Null 32 Fahrenheitische Grade tiefer stehe, als Reaumur's Null; daß mithin Reaumur's Fundamentalabstand 180° Fahrenheitische Grade enthalte, mithin die Größe jedes Fahrenheitischen Grads zu der Größe jedes Reaumurschen Grads sich verhalte, wie $\frac{1}{180} : \frac{1}{80} = \frac{1}{9} : \frac{1}{4} = 4 : 9$; die Zahl der Fahrenheitischen Grade hingegen zur Zahl der Reaumurischen, wie 9 : 4.

§. 826.

Andere Physiker haben andere Eintheilungen ihrer Thermometer gemacht, die zwar weniger gebräuchlich sind, aber doch angemerkt werden müssen, wegen der Schriften, in denen sie vorkommen.

Celsius (von zween beständigen Graden auf dem Thermometer in den Schwed. Abhandl. 1742. S. 197.) theilte am Quecksilberthermometer den Fundamentalabstand vom Eispuncte bis zum Siedepuncte des Wassers in 100 Grade (die schwedische Scale).

De l'Isle (*Mem pour servir à l'hist. et aux progrès de l'astron. et de la geogr. à St. Petersbourg.* 1738. 4. p. 267.) theilte eben diesen Abstand in 150 Gra-

Grade, weil er gefunden hatte, daß das Volumen des Q. beim Siedepuncte des Wassers, um 0,0150 (eigentlich 0,0153) größer sey, als beim Eispuncte; zählte aber, 0 an den Siedepunct setzend, von oben herab.

Ueber die Vergleichung der Scalen aller dieser Thermometer s. Carol. Frid. Hindenburg *progr. formulae comparandis gradibus thermometricis idoneae.* Lips. 1791. 4.

§. 827.

Die Verfertigung eines vollkommenen Quecksilber- oder Weingeiſtthermometers erfordert erstlich eine reine trockene Glasröhre, welche, damit gleiches Steigen gleiche Vermehrung des Volumens anzeige, genau calibrirt (§. 438) seyn, und damit auch kleine Aenderungen des Volumens merklich genug werden, nicht über eine Viertheillinie im Durchmesser weit seyn muß. Die Länge richtet sich nach der verlangten Erstreckung der Scale. Das eine Ende einer solchen Röhre wird vor der Glaslampe zugeschmolzen, wieder erweicht und in eine Kugel von 3''', 4''', 5''' im Durchmesser nach Verhältniß der Länge der Röhre aufgeblasen. Kugel und Röhre werden über einem Kohlenfeuer erhitzt, damit die in ihnen enthaltene Luft (und Feuchtigkeit) großentheils herausgetrieben werde; dann die Mündung der schräg gehaltenen Röhre in ausgekochtes warmes Quecksilber gehalten, worauf der äussere Luftdruck die Röhre und Kugel großentheils mit Quecksilber anfüllt; oder besser an die Mün-

dung ein Glastrichterchen angeblasen, durch das man nach Austreibung der Luft das Quecksilber eingießt. Durch abermalige Erhitzung, indem die Röhre senkrecht, die Kugel nach unten, gehalten wird, dehnt man das Quecksilber aus, so daß es die ganze Röhre ausfüllt, und die noch übrige Luft heraustreibt, und schmilzt dann das Ende der Röhre zu. Bei erfolgender Erkaltung zieht das Quecksilber sich zusammen, und läßt nun über sich in der Röhre einen luftleeren Raum, der ihm Freiheit zur Ausdehnung gestattet. Darauf bestimmt man die beiden Gränzpuncte des Fundamentalabstandes und zeichnet entweder auf eine Platte (Messingtafel oder besser Brett von Tannenholz), an der das Thermometer befestigt ist, oder in eine parallel anliegende Glasröhre, die Scale.

Das Thermometer selbst, nämlich die Kugel mit der Röhre, muß so an der Platte befestigt seyn, daß die Kugel die Platte nicht berührt, sondern ganz frei liegt.

Das **Eispunct** eines Thermometers wird am sichersten bestimmt, indem man im Winter bei Thauwetter, wenn die Atmosphäre einige Grade über 0 Reaumur. warm ist, dasselbe in schmelzendes Eis setzt (§. 738), so daß das Eis vorher zermalmt und dann schon ein beträchtlicher Theil (Viertheil) desselben flüssig geworden ist. Bei Frostwetter kann man das Eis in einem auf 10° R. gewärmten Zimmer zergehen lassen.

Das **Siedepunct**, indem man die Kugel und Röhre einige Zoll tief in destillirtes Wasser stellt, und dieses an freier Luft allmälig bis zum Sieden erhitzt. Um aber

das

das Siedepunct genau zu bestimmen, muß man das Wasser völlig kochen lassen, und die Röhre so tief in das Wasser senken, daß das steigende Q. ganz im Wasser ist. Nach Cavendish's Methode stellt man das Th. in den Dunst siedenden Wassers, so daß die Kugel den Wasserspiegel nicht berührt, der Dunst durch eine Röhre von 0,5 Quadratzoll Weite und 3 Zoll Höhe, deren Mündung eine Klappe lose bedeckt, im Deckel des Gefäßes Ausgang nimmt (*Philos. transact.* LXVII. II. N. 37.), indem derselbe dann genau die Hitze des an freier Luft siedenden Wassers hat.

Wenn mehrere Thermometer mit einander übereinstimmen sollen, so müssen sie entweder alle bei gleichem Barometerstande gemacht werden, damit das Siedepunct bei gleichem Luftdrucke bestimmt werde, oder es muß ein gewisser Normalstand des Barometers angenommen, und wenn ein Th. bei einem anderen Barometerstande gemacht wird, jedesmal sein Siedepunct berichtigt werden.

Eine Aenderung des Barometerstandes von 29″,5 bis auf 30″,5 Engl. oder von 332‴,16 bis auf 343‴,42 Paris. ändert das Siedepunct um 0,71 R. = 1°,59 Fahr. Folglich macht eine Aenderung des B. St. von 0‴,114 Engl. oder 1‴,283 Paris. eine Aenderung des Siedepuncts von 0,114 . 1°,59 = 0,181 Fahr. oder eine Aenderung von $\frac{1}{1000}$ des ganzen Fundamentalabstands vom Eispunct bis zum Siedepunct des Wassers. Daraus fließt folgende Regel: wenn zu der Zeit, da man das Siedepunct eines Th. bestimmt, der B. St. um n . 0,114 Engl. Zoll, oder n . 1‴,28 Paris. Linien höher oder niedriger ist, als der Normalstand des Barometers, so muß man das gefundene Siedepunct

um $\frac{n}{1000}$ der Fundamentalabstandes herab, oder hinaufrücken.

Bericht einer von der königl. Soc. der Wiss. zu London niedergesetzten Commission (Cavendish, de Luc, Maskelyne, Horsley 2c.) über die beste Methode die festen Puncte des Thermometers zu bestimmen, aus den *philos. Transact.* LXVII. P. II. N. 37. übers. in den Leipz. Samml. zur Phys. und Naturg. I. B. 6 St. S. 643. Joh. Tob. Mayer (Naturlehre (§. 342) kürzt die Berichtigung ab: wenn das Siedepunct eines Th. bei 28″ Paris. bestimmt worden ist, so bringt jede Aenderung des Barometerstandes von einer Linie eine Aenderung von 0,000779 des Fundamentalabstandes zu Wege.

§. 828.

Daß zwei Thermometer ganz genau mit einander übereinstimmen, dazu ist nicht allein nöthig, daß sie nach jenen Regeln äusserst genau und sorgfältig verfertiget sind, sondern auch, daß beide Röhren und Kugeln von einerlei Glase und von gleicher Länge, Dicke und Weite, beide mit gleich reinem Quecksilber, oder gleich reinem Weingeist, 2c. gefüllt, beide gleich luftleer, die Scalenplatten von einerlei Stoffe und Größe seyn. Da es große Schwierigkeit hat, zwei Thermometer zu machen, an welchen alle Theile gleich und von einerlei Beschaffenheit sind, so findet man auch sehr selten zwei Thermometer, welche völlig mit einander übereinstimmen.

§. 829.

Da man größere Hitzgrade, welche über den Siedgrad des Quecksilbers gehen, mit einem Quecksilberthermometer nicht messen kann, und andere Liquida noch niedrigere oder doch nicht höhere Siedepuncte haben, so hat man für größere Hitzgrade Thermometer aus festen Körpern gemacht, welche man zum Unterschiede **Pyrometer** genannt hat. Die meisten derselben bestehen aus einer metallenen Stange, welche, indem sie von der Hitze verlängert oder verkürzt wird, eine Welle und dadurch einen Hebel rc. wie an dem §. 677 beschriebenen Werkzeuge, oder ein Rad bewegt, welches mit dieser Welle auf einer Axe steht (§. 231), und durch dieses ein zweites, drittes Rad in Bewegung setzt, so daß die Bewegung des letzten Rades viel geschwinder, als die des ersten, und dadurch schon eine kleine Verlängerung oder Verkürzung der Stange merklich wird.

Musschenbroek's Pyrometer (hatte eigentlich zum Zweke die Ausdehnung der Metalle durch die Hitze zu zeigen). *Tentam. experimentorum acad. del Cimento.* L. B. 1731. P. II. p. 12.

Mortimer's Metallthermometer. *Descr. and use of a metalline thermometer newly invented* by Cromwell Mortimer in den *philos. transact.* XLIV. 1735. N. 484. Append. p. 672. Crell's n. chem. Archiv. V. S. 19. Gehler's phys. Wörterbuch. IV. S. 359. Des Grafen von Löser —. *Thermometri metallici ab inventione comitis* Loeseri *descrip-*

scriptio auct. Jo. Dan. Titio. Lips. 1765. 4. Gehler. S. 360. Zeiher's —. *Thermometri metallici descriptio auct.* Jo. Ern. Zeihero in den *Nov. Comm. Petrop.* IX. p. 305. Felter's — Gehler S. 361.

Wedgwood's Pyrometer. (*Philos. Transact.* LXXII. Scherer's Journal der Chemie. II. 7. S. 50.) Da der Thon in der Hitze schwindet, (§. 689) so dienen kleine Kylinder von (einem dazu tauglichen) Thon, einen halben Zoll lang, welche man (in einem Schmelztiegel) einem Hitzgrade aussetzt, an der Verkürzung derselben abzumessen, ob dieser Grad einem anderen gleich, größer oder kleiner war, wiewohl man nicht annehmen darf, daß die Verkürzung mit der erlittenen Hitze genau im Verhältniß stehe. Die Grade der Verkürzungen zu vergleichen, dienen zwei messingene Stäbe, welche so auf eine messingene Platte aufgelöthet sind, daß ihre inneren Seiten convergiren. Man schiebt den Thonkylinder, dessen Axe roh in den weitesten Abstand der Stäbe paßt, zwischen dieselben hinein, bis an die Stelle, in welche sie paßt. Die ganze Länge der Stäbe ist in 240 Grade getheilt: damit das Werkzeug kürzer werde, läßt es sich, wie Tab. IV. fig. 77. einrichten.

Cavallo's Verbesserung des Werkzeugs und Vorschlag, statt des etrurischen von Wedgwood angewandten Thons ein künstliches Gemisch von Kieselerde und Thonerde anzuwenden. Voigt's Mag. für Naturkunde. V. 2. S. 129.

§. 830.

Da das Quecksilber, wie alle Stoffe, durch die Wärme ausgedehnt, also specifisch leichter wird, so

so trägt derselbe Luftdruck (§. 403) eine höhere Säule wärmeren Quecksilbers, als kälteren; mithin zeigt derselbe Barometerstand (§. 433) in verschiedenen Temperaturen nicht einerlei Luftdruck an. Daher muß man für die Barometerbeobachtungen eine gewisse Normaltemperatur annehmen, und bei jeder Beobachtung den beobachteten Barometerstand auf denjenigen zurückführen, auf welchem das Barometer in der Normaltemperatur stehen würde. Man nennt dieses die **Berichtigung des Barometerstands wegen der Wärme des Quecksilbers.**

Das Thermometer zur Bestimmung der Temperatur des Quecksilbers muß auf dem Brett des Barometers selbst befestigt seyn.

Nach de **Luc** (Unters. über die Atmosphäre. I. §. 364. S. 318) nimmt bei einer Vermehrung der Wärme vom Eispuncte bis zum Siedpuncte der Barometerstand 27″ genau um sechs **Linien** (Paris.) zu. Dieses beträgt für jeden Fahrenheitischen Grad $\frac{6'''}{180} = \frac{1'''}{30}$, für jeden Reaumurschen $\frac{3'''}{40}$. De **Luc** bedient sich zur Berichtigung eines Thermometers, das vom Eispuncte bis zum Siedpuncte in 96 Grade abgetheilt ist, so daß auf jeden Grad desselben ein Sechszehntheil einer Linie des Barometerstands kommt. Genauere mathematische Bestimmung findet man in **Kästner's** Abh. von Höhenmessungen. Göttingen 1775. §. 205 — 301 und in **Gehler's** phys. Wörterb. I. Artikel: Barometer.

Johann

* * *

Johann Heinrich Lambert's Pyrometrie oder vom Maasse des Feuers und der Wärme. Berlin 1779. 4.
Johann Tobias Mayer's Abh. über das Ausmessen der Wärme. Frankf. und Leipz. 1786. 8.

H. A. Lorenz chemisch-phys. Untersuchung des Feuers. Kopenhagen u. Leipz. 1789. 8.

Die übrigen Schriften sind schon gelegentlich unter den §§. angeführt.

Zwölftes Kapitel.

Von dem Schalle.

§. 831.

In der Empfindung des Hörens wirkt etwas auf unser Ohr, das wir **Schall** (*Sonus*) nennen. Ein Theil der Naturlehre, welcher **Akustik** heißt, beschäftigt sich damit, sowohl dieses Objective des Hörens zu erkennen, als zu erforschen, wie das ihm bestimmte Organ dabei gegenwirke.

Bei alle dem, was große Mathematiker in diesem Theile geleistet haben, ist dennoch dieser Theil der Naturlehre noch unvollkommener als die Optik, und würde noch viel unvollkommener seyn, wenn nicht Gesicht und Gefühl dem Gehör zu Hülfe gekommen wären, da hingegen in der Optik das Gesicht sich selbst genügt.

§. 831. b.

Der Gegenstand des Gesichts ist die Dehnkraft im Zustande der Freiheit (§. 511); der des Gehöres eine Wechselwirkung beider Grundkräfte (§. 117) in der Elasticität (§. 186).

§. 803.

Wenn wir nämlich schallende Körper, indem wir ihren Schall hören, durch das Gesicht und das Gefühl untersuchen, so nehmen wir ein sehr schnelles abwechselndes Hin- und Herbewegen wahr, welches

ches wir **Schwingen** oder **Zittern** (*Oscillatio, Vibratio*) nennen.

An einer gespannten Saite ist, indem sie, mit einem Violinbogen gestrichen, oder mit einer Feder gerissen, schallet, dieses Hin- und Herschwingen geradezu sichtbar und fühlbar; dann zeigt es sich mittelbar, indem man sie mit winklicht umgebogenen Papierstreifen belegt, welche im Schallen herabgeschnellt werden. An einer gläsernen Glocke, die nur in ihrem Gipfel befestigt ist, übrigens frei steht, und an welcher ein Siegellackkügelchen von einem Faden herabhängt, zeigt sich, wie man sie mit einem hölzernen Hammer schlägt, das Zittern mit einem wiederholten Aufschnellen des Kügelchens. — Sichtbare Erschütterung des in einem Trinkglase enthaltenen Wassers, wenn der Rand des Glases gestrichen wird. — Fühlbare Erschütterung der Luft am Ende einer großen Orgelpfeife ꝛc.

Es ist eben dieses sichtbare und fühlbare Schwingen der schallenden Körper, von welchem der Schall abhängt, nicht ein davon verschiedenes Zittern der kleinsten Theile, wie de la Hire (*Mem. sur le son* in den *Mem. de l'ac. de Paris.* 1709. 1716.) u. a. (Musschenbroek *introd. ad philos. nat.* II. §. 2091. sq.) gemeint haben. (?) Dagegen Wildt in den Götting. gel. Anz. 1800. 39. St.

§. 832. b.

Die schallende Bewegung eines Körpers entsteht zuerst von einer Bewegung, die ein anderer Körper gegen ihn ausübt; die Fortsetzung derselben aber von der **Elasticität** desselben (§. 186), indem er durch diese, seine veränderte Größe und Gestalt

wie-

wieder herstellt. ꝛc. Daher finden wir, daß die Körper desto stärker schallen, je elastischer sie sind.

§. 833.

Der Schall fester Körper ist am leichtesten einzusehen, an einer gespannten Saite amb (Tab. VII. fig. 128.). Wie sie, durch Streichen, Reissen, in die Gestalt anob versetzt, dadurch gekrümmt und verlängert worden ist, so schnellt sie, vermöge ihrer Elasticität, sich in die geradlinigte Gestalt amb zurück, bei der sie die kleinste Länge hat. Aber vermöge der Trägheit setzt sie diese Bewegung weiter fort, und geräth jenseits in die Gestalt apqb. Die Elasticität hält diese Bewegung weiter auf, und bringt die Saite in die Gestalt amb zurück; und so schwingt die Saite wechselsweise sich in die Gestalt anob und apqb, bis sie endlich zur Ruhe gelangt.

Verschiedene Arten die Saiten zu spannen. Spannung durch Gewichte.

§. 834.

Man kann bei dieser Bewegung eine schwingende Saite gewissermaassen mit einem **Pendel** (§. 257) vergleichen. Was bei dem Pendel die Schwere ist, das ist hier die **Elasticität**, und zwar die **contractile** Elasticität (§. 193). Daß die Saite endlich ruhet, dieses ist zum Theile wohl von dem Widerstande der Luft, zum Theile von der Reibung an den Stellen der Befestigung, zum Theile

aber

aber auch daher zu leiten, daß eben die Elasticität den Fortgang der Bewegung aufhält, so daß die Saite schon bei der ersten Schwingung nicht so weit jenseits a m b verrückt wird, als sie diesseits verrückt war, dann bei der zweiten Schwingung nicht so viel diesseits a m b verrückt wird, als sie jenseits verrückt war u. s. w. so daß die Bewegung immer schwächer und schwächer, und endlich Null wird.

§. 835.

Auf ähnliche Weise schallen andere feste Körper vermöge ihrer Elasticität. Indessen sind bei allen diesen Körpern gewisse **Unterschiede** zu merken, welche auf die Art des Schalles Einfluß haben. Der eine Unterschied betrifft die **Gestalt**, welche 1) in Rücksicht auf die **Dimensionen** entweder a) wie bei **Saiten**, eine solche ist, daß die Längendimension bei weitem die größere, oder b) wie bei **Trommelfellen, dünnen Blechen**, eine solche ist, daß Länge und Breite beide viel größer, als die Dicke sind, oder c) wie bei **Stäben, Glocken**, eine solche ist, daß auch die Dicke beträchtlich ist; 2) in Rücksicht auf die **Richtung** entweder a) eine solche ist, daß die Hauptdimensionen, wie bei Saiten, Fellen, **gerade** Linien, oder b) eine solche, daß die Hauptdimensionen, wie bei Ringen, Glocken, **krumme** Linien sind. Der **andre** Unterschied betrifft die **Art der Befestigung** zur Spannung, indem Körper, die wie Saiten nach Verhältniß ihrer Länge,

und

und wie Felle nach Verhältniß ihrer Länge und Breite sehr dünn sind, um ihre Elasticität zu äussern, an beiden Enden befestigt und gespannt werden müssen, dickere und steifere Körper aber, wie Stäbe, nur der Befestigung an einem Ende bedürfen und sehr dicke oder durch Krümmung in sich selbst gespannte, wie Ringe, Glocken, nur durch Aufhängung schwebend erhalten werden dürfen, um zu schallen.

§. 836.

Es ist wegen der Schwierigkeiten der Untersuchung des Schalles noch nicht ausgemacht, ob es bei allen Arten des Schalles fester Körper bloß contractile Elasticität sey, welche ihn bewirket. Es scheint vielmehr, daß bei den Schwingungen der Glocken rc. auch den länglichten Schwingungen der Saiten rc. abwechselnd contractile und expansive Elasticität die Gestalt des Körpers ändern, indem (wie bei dem Schwanken einer an beiden Armen gleich beschwerten Wage) die von jeder bewirkte Bewegung über das Gleichgewicht hinaus geht. Auch scheint es bei gewissen Schwingungen, daß, indem gewisse Theile eines schallenden Körpers ausgedehnt, andere durch das Anstemmen jener gegen sie zusammengedrückt werden, und wechselsweise umgekehrt.

§. 837.

Auch Wasser und andere liquide Körper schallen, obwohl an sich selbst wegen ihrer geringen Ela-

Elesticität nur schwach. Es ist noch nicht hinlänglich ausgemacht, wie sie dabei wirken, ob vermöge contractiler oder expansiver Elasticität, oder vermöge beider. S. weiter unten §. 870.

Man muß den Schall liquider Körper selbst wohl unterscheiden, von dem Schalle, den sie durch ihre Wirkung auf angränzende und eingeschlossene Luft in der Luft bewirken.

§. 838.

Bei der **Luft** ist es vielleicht bloß **expansive Elasticität** (§. 191), welche wirkt, wenn sie schallet. Wir nehmen wahr, daß die Luft schalle, wenn irgendwo Luft zusammengedrückt ist, die nun vermöge ihrer verstärkten Expansivkraft (§. 387) sich gegen die Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit ausbreitet, oder wenn Luft verdünnt ist, und die benachbarte dichtere Luft vermöge ihrer größeren Expansivkraft in den Raum derselben hineinfährt. Daher schallet die Luft bei übrigens gleichen Umständen desto stärker, je **dichter** sie ist.

Exempel an dem Klatschen einer **Peitsche**, dem Platzen einer **Blase**, dem Knallen der **Schießgewehre**, dem Zischen der in die Guerikische Leere eindringenden Luft ꝛc.

Die sogenannte **chemische Harmonica**. Brennbares Gas aus einer engmündigen Röhre strömend verbrennt an der weiteren Mündung eines mit Lebensluft oder atmosphärischer Luft gefüllten Gefäßes. Indem beide Gasarten mit einander zu Wasser werden, entsteht dadurch immerfort ein luftleerer Raum, in den die umgebende

bende Luft eindringt, und wechselsweise Ausdehnung der in dem Gefäße enthaltenen Luft durch die Hitze der Flamme. Göttling in s. Taschenb. für Scheidekünstler. 1795. S. 16. Scherer in Gren's n. Journ. d. Phys. II. 4. S. 506.

§. 839.

Man muß aber die Schallbewegung der Luft, als ein Schwingen, von der fortschreitenden Bewegung dieser wohl unterscheiden, obwohl beide zugleich Statt finden können, auch jene aus dieser entstehen kann. Die Schallbewegung der Luft entsteht, indem eine zitternde Luftschicht a durch ihre erste Bewegung die angränzende b zusammendrückt, dadurch zugleich selbst gegen sie zusammengedrückt wird; die angränzende verdichtete b dann durch ihre verstärkte Elasticität sich wieder ausdehnt, theils gegen die erstere zurückdrückt, theils gegen die folgende Schicht c weiter drückt: die Schicht c theils gegen b zurück, theils gegen die folgende d weiter drückt. Das jede Schicht wieder gegen diejenige zurückdrücken kann, von welcher sie die Zusammendrückung erhalten hatte, entsteht, indem nach dem Gesetze der Trägheit die erste Luftschicht ihre Bewegung gegen die zweite (wie bei dem Schwanken einer Wage) über das Gleichgewicht hinaus fortsetzt, bis die Dichtigkeit der gedrückten Luft etwas größer geworden ist, als die der drückenden. Eben so erfolgt es dann bei der zurückdrückenden, und so entsteht durch ein abwechselndes Zusammendrücken und Wiederausdehnen der

Luft.

luftschichten das Hin- und Herbewegen, von welchem ihr Schall abhängt.

§. 840.

Wir unterscheiden an den schallenden Körpern eine vielfach verschiedene Art (franz. *Timbre*) des Schalles, welche nach der Erfahrung theils von äusserer Gestalt (§. 52) der schallenden Körper, theils von ihrer inneren Gestalt oder ihrem Bau (Ebend.), theils von ihrer Festigkeit und Flüssigkeit, theils von ihrem verschiedenen Stoffe (§. 64) abhängt. Wahrscheinlich ist die verschiedene **Gestalt** der Schwingungen der nächste Grund dieser Verschiedenheit.

Verschiedener Schall der Saiten, Stäbe, Bleche, Glokken rc. von einerlei Metall; gegossener und geschmiedeter Metalle; fester, liquider, luftartiger Körper; des Holzes, Glases, Metalls, Wassers, Oels rc. Der sogenannte articulirte Schall oder **Laut** der thierischen, vorzüglich der menschlichen, Stimme.

§. 841.

Der dem Ohre angenehme Schall, welchen wir **Klang** nennen, scheint darin zu bestehen, daß die Schwingungen eines **klingenden** Körpers alle **gleichartig** (gleichförmig) sind; da hingegen bei andern Arten des Schalles, die wir nach ihrer mannigfaltigen Verschiedenheit Geräusch, Klappern, Knarren, Zischen rc. nennen, die Schwingungen **ungleichartig** (ungleichförmig) sind. Wir nehmen dieses einestheils aus der Empfindung selbst, anderntheils

theils daraus ab, daß nur solche Körper Klang geben, welche durchaus gleichstoffig, von gleicher Dichtigkeit, und von regelmäßiger Gestalt und nur so mit andern Körpern in Berührung und Verbindung sind, daß sie zur schwingenden Bewegung hinlängliche Freiheit haben.

Wie der Schall überhaupt (§. 840) verschieden ist, so ist dann auch der Klang verschieden; und diese Verschiedenheit läßt sich im Klange am bestimmtesten und genauesten wahrnehmen. Trommeln, Pauken, Saiten- und Blasinstrumente ꝛc.

Unterschied des Gesangs von der gemeinen Stimme.

§. 842.

Ein klingender Körper kann in seiner ganzen Ausdehnung, mit Ausnahme eines oder zweier Puncte, an denen er fest gehalten wird, schwingen; er kann sich aber auch in mannigfaltigen Verhältnissen in Theile theilen, die nach entgegengesetzten Richtungen schwingen, während die zwischen diesen Theilen befindlichen Stellen in Ruhe bleiben. Diese Stellen heissen **Schwingungsknoten**, und eine wichtige Verschiedenheit (§. 840) des Klangs liegt in der Zahl und Lage dieser Schwingungsknoten.

Chladni's Akustik. §. 45.

§. 843.

Bei **Saiten** und ähnlichen Körpern liegen diese Schwingungsknoten bloß der Länge nach.

Man kann an Saiten diese Schwingungsknoten dadurch wahrnehmen, daß auf denselben liegende winklicht zu-

sammengebogene Papierschnitzel beim Streichen der Saite liegen bleiben, die auf anderen Stellen liegenden aber dabei herabgeworfen werden.

§. 844.

Bei **Glasscheiben, Blechen** und ähnlichen Körpern liegen diese Schwingungsknoten der Länge und Breite nach; die schwingenden Theile erhalten die Gestalten krummer Flächen.

Hier zeigen sich diese Schwingungsknoten, indem man die Scheibe an einer Stelle, die zum Schwingungsknoten taugt, zwischen die schmalen Enden zweier dünner Korkstöpsel schraubt, so daß diese, gegen einen kleinen Theil ihrer Flächen drückend, sie in wagerechter Lage festhalten, die obere Fläche mit feinem nicht staubigten Sande bestreuet, dann eine Stelle des Randes der Scheibe rechtwinklicht mit einem Violinbogen streicht. Der Sand wird von allen schwingenden Stellen in die Höhe geworfen, nur auf den Schwingungsknoten bleibt er, die Reihe der zusammenhängenden Schwingungsknoten bezeichnend, liegen, und bildet eine bestimmte **Klangfigur**. Je nachdem die Scheibe rund oder viereckigt ist, an einer andern Stelle festgehalten, an einer andern Stelle gestrichen wird, entsteht eine andere Klangfigur. So hat **Chladni** die Töne gleichsam sichtbar dargestellt. Entdeckungen über die Theorie des Klanges von **Ernst Florens Friedrich Chladni**. Leipzig 1787. 4. und Akustik §. 103. fgg.

Nicht jeder Ton hat seine bestimmte Figur, sondern jede Figur, welche auf einer Scheibe hervorgebracht werden kann, steht mit den andern auf derselben Scheibe hervorzubringenden in einem bestimmten Tonverhältnisse.

§. 845.

§. 845.

Die Schwingungen einer **Glocke** und ähnlicher Körper sind so beschaffen, daß die Glocke sich in 4, 6, 8, überhaupt in eine gerade Zahl von schwingenden Sectoren eintheilt, welche durch Knotenlinien von einander getrennt sind, die sich alle oben im Gipfel der Glocke durchschneiden.

§. 846.

Eine andere Verschiedenheit der schwingenden Bewegungen liegt in ihrer **Richtung**, welche entweder queer, oder länglicht, oder drehend seyn kann. Die Kraft, durch welche ein klingender Körper in Bewegung gesetzt wird, muß allemal in eben derselben Richtung angebracht werden, in welcher die Schwingungen geschehen sollen.

Bei den **queeren** Schwingungen (vibrationes *transversales*) bewegt sich der klingende Körper oder jeder seiner Theile seitwärts nach abwechselnden Richtungen, so daß, wenn Schwingungsknoten Statt finden, während ein Theil desselben von der ursprünglichen Lage nach einer Seite der Axe hin schwingt, der benachbarte Theil jenseits des ruhig bleibenden Schwingungsknotens sich auf der entgegengesetzten Seite der Axe befindet. Die Durchmesser der Schwingungen machen mit der Axe einen rechten Winkel. (Tab. VII. fig. 129.) Von dieser Art sind die meisten an allen festen Körpern.

Bei den **länglichten** (vibrationes *longitudinales*) geschehen abwechselnde Zusammenziehungen und Ausdehnungen des klingenden Körpers oder seiner Theile nach der Richtung der Länge, so daß diese sich abwechselnd

gegen einen Schwingungsknoten stemmen und von demselben entfernen. Von dieser Art sind die Schwingungen der von Röhren umgebenden Luft, wie bei allen Arten der Blasinstrumente; auch lassen sich die Schwingungen der freien Luft, indem sie den Schall eines von ihr umgebenen Körpers nach allen Seiten hin verbreitet, in jedem Halbmesser der schallenden Luftsphäre so ansehen. **Chladni** hat entdeckt, daß auch Saiten und Stäbe solcher Longitudinalschwingungen fähig sind.

Bei den **drehenden** Schwingungen, welche Chladni nur an Stäben bemerkt hat, drehet sich der Stab oder jeder Theil desselben abwechselnd rechts und links.

Chladni's Akustik. §. 47. fgg.

§. 847.

Sodann empfinden wir in jedem Klange ausser dem eigenen des Klanges selbst etwas, das wir **Ton**, und dessen Verschiedenheit wir **Höhe** und **Tiefe** nennen. Die Untersuchung derselben zeigt uns eine lange Reihe von den tiefsten hörbaren Tönen zu den höchsten hörbaren Tönen. Wir sagen von einem klingenden Körper, in so fern er einen gewissen Ton von sich giebt: er **töne**.

§. 848.

Wir finden dabei ferner zwischen gewissen Tönen, und anderen, obwohl sie viel höher sind, eine auffallende Aehnlichkeit, und benennen diese daher in der Reihe mit einerlei Namen. Wir benennen nämlich einen gewissen Ton mit *c*, (oder vt) einen gewissen ein wenig höheren mit *d* (oder re), und

so

so bezeichnen wir eine Reihe von sieben Tönen mit den Namen

c d e f g a h

vt re mi fa sol la si

Der auf h folgende Ton wird, wegen seiner großen Aehnlichkeit mit c, ebenfalls c, der dann folgende, wegen seiner großen Aehnlichkeit mit d, ebenfalls d genannt u. s. w. So haben wir mehrere Reihen tieferer und höherer Töne, deren eine in die andere übergeht. Der gleichnamige Ton eines jeden Tons heißt, weil er der achte in dieser Reihe ist, die **Octave**, und zwar die obere (höhere) oder untere (tiefere); der Ton selbst, von dem man ausgeht, heißt der **Grundton.**

§. 849.

Sobald die Musik zu einiger Ausbildung gelangte, fand ein feineres Ohr bald, daß es zwischen jenen acht Tönen noch andere gebe. Man nannte sie, nicht ganz schicklich, **halbe Töne**, indem sie eben sowohl Schalle von bestimmter Geschwindigkeit, als jene, sind, nur den Uebergang von einem jener Töne zum anderen machen. Mit diesen besteht die Reihe aus eilf Tönen, so daß die Octave eigentlich der **dreizehnte** Ton in der vollständigen Reihe ist.

c cis d dis e f fis g gis a ais h c'
b

§. 850.

Man findet in jeder dieser Reihen wieder eine gewisse Uebereinstimmung zwischen jedem Grundto-

ne

ne und einem andern, der die **große Terz**, einem der die **Quarte**, und dann noch einem der die **Quinte** heißt. Die große Terz für c ist in der Octavenreihe der dritte Ton, nämlich e; die Quart der vierte Ton, nämlich f; die Quint für c in eben dieser Reihe der fünfte Ton; daher jene Namen. Allein in der vollständigen Reihe ist für jeden Ton, als Grundton gesetzt, die große Terz der fünfte, die Quart der sechste, die Quinte der achte Ton.

§. 851.

An Saiten und zwar über queere Schwingungen der Saiten angestellte Versuche und darauf gegründete Berechnungen haben gelehrt, daß die Höhe und Tiefe der Töne von der größeren und kleineren **Zahl der Schwingungen** in gleicher Zeit abhängen; **höhere Töne** (Toni *acuti*) solche seyn, welche größere Schwingungszahl, **tiefere** (Toni *graves*) solche, welche kleinere Schwingungszahl haben.

§. 852.

Wenn es gestattet ist, eine Saite (§. 834) mit einem Pendel zu vergleichen, die Elasticität der Saite als das für den Schall anzusehen, was für die Schwungbewegung des Pendels die Schwere ist, und dann die Elasticität der Saite mit der Kraft, welche sie spannet, im Verhältnisse steht, so ist, indem e, E, die spannende Kraft, l, L, die Länge der Saite, t, T, die Schwingungszeit bedeutet, (§. 262):

(§. 262):

$$t : T = \sqrt{\frac{l}{e}} : \sqrt{\frac{L}{E}}$$

und da die Zahl der Schwingungen (n, N,) im umgekehrten Verhältnisse der Zeit steht,

$$n : N = \sqrt{\frac{e}{l}} : \sqrt{\frac{E}{L}}$$

Da es aber hier auch auf die Masse (m, M,) der Saite ankommt, auf welche die spannende Kraft zu wirken hat, (bei dem Pendel hingegen nicht, weil jedes Theilchen der Masse sich selbst durch seine Schwere zum Falle treibt,) so ist

$$n : N = \sqrt{\frac{e : m}{l}} : \sqrt{\frac{E : M}{L}}$$

§. 853.

Demnach verhalten sich 1) wenn die Saiten gleiche Länge und gleiche Masse, also auch gleiche Dicke, haben, die Zahlen ihrer Schwingungen, wie **die Quadratwurzeln aus den spannenden Kräften.**

$$n : N = \sqrt{\frac{e : m}{l}} : \sqrt{\frac{E : m}{l}} = \sqrt{e} : \sqrt{E}$$

2) Wenn die Saiten gleiche Länge und gleiche Spannung haben, so verhalten sich die Zahlen ihrer Schwingungen **umgekehrt, wie ihre Durchmesser.**

$$n : N = \sqrt{\frac{e : (d^2 . l)}{l}} : \sqrt{\frac{e : (D^2 . l)}{l}}$$

Denn

Denn m wird durch $d^2 . l$ ausgedrückt, da die Masse ein Product der Durchschnittsfläche in die Länge ist, und die Durchschnittsflächen, als Kreise, sich verhalten, wie die Quadrate ihrer Durchmesser.

$$n : N = \sqrt{\frac{e}{d^2 . l . l}} : \sqrt{\frac{e}{D^2 . l . l}}$$

$$n : N = \sqrt{\frac{1}{d^2}} : \sqrt{\frac{1}{D^2}}$$

$$n : N = \frac{1}{d} : \frac{1}{D} = D : d$$

3) Wenn die Saiten gleiche Dicke und gleiche Spannung haben, so verhalten sich die Zahlen ihrer Schwingungen **umgekehrt, wie ihre Längen.**

$$n : N = \sqrt{\frac{e : (d^2 . l)}{l}} : \sqrt{\frac{e : (d^2 . L)}{L}}$$

$$n : N = \sqrt{\frac{e}{d^2 . l . l}} : \sqrt{\frac{e}{d^2 . L . L}}$$

$$n : N = \sqrt{\frac{e : d^2}{l^2}} : \sqrt{\frac{e : d^2}{L^2}}$$

$$n : N = \sqrt{\frac{1}{l^2}} : \sqrt{\frac{1}{L^2}}$$

$$n : N = \sqrt{\frac{1}{l}} : \frac{1}{L} = L : l$$

Es ist also bei Saiten das Verhältniß der Schwingungszahlen aus dem geraden Verhältnisse der Quadratwurzeln ihrer Spannungen, dem umgekehrten ihrer Durchmesser und dem umgekehrten ihrer Längen zusammengesetzt. Eine Saite giebt bei gleicher Dicke und Länge einen

einen desto höheren Ton, je mehr sie gespannt, einen desto tieferen Ton, je weniger sie gespannt ist;

bei gleicher Spannuug und Länge einen desto höheren Ton, je dünner sie ist; einen desto tieferen Ton, je dicker sie ist;

bei gleicher Spannung und Dicke einen desto höheren Ton, je kürzer, einen desto tieferen, je länger sie ist.

§. 854.

Durch eben diese Versuche hat man das Verhältniß der Schwingungszahlen für die verschiedenen Töne kennen gelernt. Die Bestimmung desselben heißt in der Tonkunst die Temperatur.

Töne:	Saitenlängen: Gleichschwebende Temperatur:	Saitenlängen: Kirnbergers Temperatur:	
C	1,00000	1,0000	1
Cis	0,94387	0,9492	$\frac{243}{256}$
D	0,89090	0,8889	$\frac{8}{9}$
Dis	0,84090	0,8437	$\frac{27}{32}$
E	0,79370	0,8000	$\frac{4}{5}$
F	0,74915	0,7500	$\frac{3}{4}$
Fis	0,70710	0,7111	$\frac{32}{45}$
G	0,66742	0,6667	$\frac{2}{3}$
Gis	0,62996	0,6328	$\frac{81}{128}$

A

A	0,59461	0,5963	$\frac{161}{270}$
B	0,56123	0,5625	$\frac{9}{16}$
H	0,52973	0,5313	$\frac{8}{15}$
c	0,50000	0,5000	$\frac{1}{2}$

In der gleichschwebenden oder mathematischen Temperatur ist die ganze Octave in 12 gleiche Intervalle getheilt, so daß die Schwingungszahlen von Cis bis H auf einander folgende mittlere Proportionalzahlen zwischen C und c sind. C. B. Funk *progr. de sono et tono.* Lips. 1770. 4. Kirnberger's (die Kunst des reinen Satzes in der Musik. Berlin 1771. 4.) Temperatur weicht davon so viel ab, als es der reinen durch ein feines und geübtes musikalisches Gehör bestimmten Consonanz gemäß ist.

Zu solchen Versuchen dient ein **Sonometer** (besser **Tonometer**), ein einfaches Saiteninstrument, welches mit einer oder mehreren Saiten bezogen ist (**Monochord, Dichord, Tetrachord**), deren jede an einem Ende durch Umwindung um einen Stab, befestigt ist, an dem andern über einen Steg gehend durch ein Gewicht gespannt werden kann. Durch einen verschiebbaren Steg kann man die Länge jeder Saite verkürzen und an einer parallel mit den Saiten angebrachten Scale die Saitenlängen messen. Man untersucht auf diese Weise, welche Dicke, (Lüdicke's Mikrometer, die Durchmesser schwacher Saiten zu messen in Gilbert's I. 2. S. 137.) welche Länge, welche spannende Kraft dazu gehöre, daß eine Saite einen gewissen (von einem feinen musikalischen Ohre durch Vergleichung mit einem andern

andern richtig gestimmten Saiteninstrumente zu bestimmenden) Ton hervorbringe. Die genaueste Bestimmung giebt dann die verschiedene **Länge**, welche einer und derselben Saite (also bei gleicher Dicke), bei gleicher Spannung gegeben werden muß, um nach und nach alle Töne einer Octave hervorzubringen. Das Verhältniß dieser Länge ist dann das umgekehrte der Schwingungszahl (§. 853).

Leonard. Euler *tentamen novae theoriae musices*. Petrop. 1759. 4.

§. 854. b.

Nach der letzteren Bestimmung verhält sich also

1) die **Octave** zu ihrem Grundton wie **zwei** zu **eins**, d. h. sie macht in eben der Zeit zwei Schwingungen, in welcher der Grundton **eine** macht;

2) die große **Terze** zu ihrem Grundton wie **fünf** zu **vier**;

3) die **Quinte** zu ihrem Grundton wie **drei** zu **zwei**;

4) die **Quarte** zu ihrem Grundton wie **vier** zu **drei**.

§. 854. c.

Wenn eine Saite nur an ihren beiden Enden befestigt und gespannt, übrigens frei ist, so schwingt sie ganz, ohne Schwingungsknoten, hin und her, und giebt dann den tiefsten Ton, welchen sie nach ihrer Dicke, Länge und Spannung geben kann. Jene Be-

Bestimmungen der Längenverhältnisse sind von solchen Saiten zu verstehen, und gewöhnlich bedient man sich bei Saiteninstrumenten nur dieser Schwingungsart. Wenn sie aber an einer Stelle, welche nach Verhältniß der Dicke, Länge und Spannung dieser Saite ein Schwingungsknoten (§. 842) werden kann, durch Anhalten eines Fingers oder andern nicht zu harten Körpers eine etwas stärkere Spannung erhält, und dann an einem Theile zwischen zweien Knoten gestrichen wird, so schwingt sie theilweise mit Schwingungsknoten, und giebt dann irgend einen höheren Ton. In den länglichten Schwingungen (§. 846) giebt jede Saite bei gleicher Dicke, Länge, und Spannung einen viel höhern Ton, als bei den queeren (§. 846).

§. 855.

Eben so hängt bei dickeren **Metallstäben, Glocken** rc. die Höhe und Tiefe ihres Tons von ihrer Dicke und Länge, dann zugleich von ihrer innern Form (Gefüge) ab, nach welchem sich die Spannung ihrer Theile bestimmt.

§. 856.

Auch **Luftsäulen**, (so in Blasinstrumenten,) geben bei gleicher Elasticität desto höhere Töne, je dünner und kürzer, desto tiefere, je dicker und länger sie sind; was bei Saiten die größere Spannung wirkt, das wirkt der höhere Grad der Elasticität: so beim stärkern Einblasen, welches die Elasticität durch Ver-

Verdichtung vermehrt, und den Ton der gleich dicken und langen Luftsäule um eine Octave erhöhen kann.

Höhe der Töne verschiedener Gasarten. Chladni in Voigt's Mag. für Naturkunde. I. 3. S. 65. Perolle's Bem. darüber in Gilbert's Annal. III. 2. S. 193.

§. 857.

Die **Wärme** wirkt auf Saitenklang und Luftklang auf entgegengesetzte Weise. Eine Saite wird durch Erwärmung ausgedehnt, folglich wenn sie nicht durch Gewichte, sondern zwischen zwei Wirbel gespannt ist, schlaffer, und giebt einen tiefern Ton; eine Luftsäule erhält aber durch Erwärmung einen höheren Grad von specifischer Elasticität, (§. 684), giebt also einen höheren Ton.

§. 858.

Die gewöhnlichen Töne der Musik beschränken sich auf die vier Octaven, welche so:

Baß: C bis H
Tenor: c bis h
Alt: c′ bis h′
Discant: c″ bis h″

bezeichnet werden. Ungeachtet die ausserhalb diesen liegenden tieferen und höheren Töne minder angenehm sind, so gebraucht man doch oft einige tiefere und einige höhere Töne, (bis zu einer halben Octave unter C, und einer halben über c‴); vollständige Orgeln haben 10 Octaven. Indessen giebt es hier ohne Zweifel gewisse Gränzen, wie denn schon die tief-

tiefsten und höchsten Orgeltöne kaum noch hörbar sind.

§. 859.

Was man die Stärke eines Schalles nennt, (ein stärkerer Schall wird in demselben Mittel in größerer Entfernung gehört, in gleicher Entfernung mit stärkerer Empfindung gehört, —) hängt einestheils von der Größe der schallenden **Masse**, anderntheils von ihrer Geschwindigkeit, also erstlich davon ab, wie vielmal sie in einer bestimmten Zeit zittert (**Schwingungszahl**), dann von der Größe des **Raums**, welchen jedes schwingende Theilchen bei jeder einzelnen Schwingung durchläuft.

Von der Schwingungszahl hängt auch die Höhe der Töne (§. 851) ab; und allerdings ist ceteris paribus der Schall eines höheren Tons stärker als der eines tieferen. — Aber die eigentliche Geschwindigkeit der Schallbewegung ist wohl zu unterscheiden von der Schwingungszahl. Der Schall jedes Tons wird nach und nach durch abnehmende Geschwindigkeit schwächer, wenn gleich die Schwingungszahl dieselbe bleibt.

§. 860.

Dichtere Luft schallet stärker als lockerere, theils, weil sie in gleichem Raume mehr Masse hat, theils, weil sie elastischer ist (§. 414). **Wärmere Luft**, eingeschlossen, schallet stärker, weil die Wärme die specifische Elasticität vermehrt (§. 684). **Feuchter Dunst** in der Luft mindert sehr die Stärke des Schalles.

's Gra-

's Gravesande *elem. physices*. §. 2354.

Roebuck's Beob. im Windgewölbe der Devoner Oefen. Gilbert's Annalen der Physik. IX. 1. S. 50.

Nach **Priestley's** Versuchen über die Stärke des Schalls in verschied. Gasarten verhält sich dieselbe ebenfalls nach ihrer verschiedenen Dichtigkeit; der Schall einer Glocke, die in **brennbarem Gas** eingesperrt war, war fast so wenig hörbar, als im luftleeren Raume: in **kohlensaurem Gas**, auch in **Lebensluft** mehr als in gemeiner Luft. **Chladni's** Akustik. §. 206. Man vergl. oben §. 383.

§. 861.

Wir unterscheiden den **Urschall** (*Sonus* primitivus), welcher in irgend einem Körper durch eine Bewegung, die nicht Schall ist, entsteht, von dem **mitgetheilten Schalle** (*Sonus* derivatus, secundarius). Es kann ein jeder Körper, welcher schallet, die Bewegung, in welcher sein Schall besteht, einem angränzenden mittheilen, dieser einem zweiten an ihn angränzenden u. s. w. So kann ein Urschall durch eine Reihe mehrerer Körper fortgesetzt (oder wie man sagt: **fortgepflanzt**) werden, ehe er zu unserem Ohre gelangt.

§. 862.

Das gewöhnliche **Mittel** (§. 301), durch welches, der Schall zu unserem Ohre gelangt, ist die (atmosphärische) **Luft**. Je stärker der Urschall ist, desto stärker ist auch ceteris paribus der daraus entstehende mitgetheilte Schall der Luft. Aber bei glei-

gleicher Stärke des Urschalls ist der mitgetheilte Schall der Luft stärker oder schwächer nach den oben gegebenen Bestimmungen (§. 860).

Den Schall einer im Recipienten der Luftpumpe stehenden Glocke hören wir immer schwächer, je mehr wir die Luft des R. verdünnen: sie muß aber von einem Uhrwerke regiert werden, und dieses auf einem weichen schlecht elastischen Küssen stehen, damit der Schall weder dem Glase noch dem Teller sich unmittelbar mittheilen könne.

§. 863.

Der Schall verbreitet sich durch die Luft mit abwechselndem Zusammendrücken und Wiederausdehnen der Luftschichten (§. 839). In so fern diese Bewegung Aehnlichkeit mit der des Wassers hat, welches von einer Stelle, in welcher der Wasserspiegel niedergedrückt wurde, in immer größeren und größeren kreisförmigen steigenden und wieder sinkenden Wellen sich verbreitet, nennt man die dabei sich hin und herbewegenden Luftschichten **Schallwellen** (*Vndae* sonorae). Es ist aber diese Bewegung von jener des Wassers, die bloß von der Schwere abhängt, darin verschieden, daß sie, von der expansiven Elasticität abhängend, im Innern der Luft geschieht, da hingegen jene Wellen des Wassers nur Erhebungen auf dem Wasserspiegel sind. Die Bewegungen selbst nennt man **Schallschläge** (*Pulsus* sonori).

Einfluß des Schalles auf den Barometerstand. **Englefield** in **Gilbert's** Annalen. XIV. 2. S. 214.

§. 864.

§. 864.

Wenn ein Körper in der Luft schallet, so muß sich auf diese Weise der Schall in der Luft nach allen Seiten des erst schallenden Körpers verbreiten, so daß die Schallwellen den erst schallenden Körper, wie hohle concentrische Kugeln, eine immer größer als die andere, umgeben. Daher kann man die Verbreitung des Schalls in der Luft gewissermaassen mit der des Lichts vergleichen (§. 484) und von **Schallstralen** (*Radii sonori*), wie dort von Lichtstralen, reden.

Unterschied der Verbreitung des Schalles von der des Lichts. Chladni's Akustik S. 219 und 238.

§. 865.

Nothwendig muß der in der Luft sich verbreitende Schall immer schwächer und schwächer werden, je weiter er sich vom schallenden Körper entfernt, weil er sich in eine immer größere Luftmasse verbreitet, so daß er in einer Entfernung, deren Größe von der Stärke des Urschalls abhängt, nicht mehr hörbar ist.

§. 866.

Wie zu jeder Bewegung eine gewisse Zeit gehört (§. 77), so erfordert eben diese auch die Verbreitung des Schalls in der Luft. Angestellte Beobachtungen lehren, daß, wenn man auch die Angaben der kleinsten Geschwindigkeit nimmt, doch die Bewegung des Schalls, obwohl gegen die des Lich-

tes eine sehr langsame, doch gegen andere irdische Bewegungen eine sehr schnelle Bewegung sey.

Weg des Schalles in 1 Secunde:			Land:	Beobachter:
1473	Pariser	Fuß	Frankreich	Gassendi
1185	—	—	Italien	Die florent. Acad.
1380	—	—	Frankreich	Mersenne
1172	—	—	——	Cassini, Huygens rc.
1070	—	—	England	Flamstead, Derham rc.
1038 } 1041 }	—	—	Frankreich	Cassini, Maraldi, la Caille
1101	—	—	Cayenne	de la Condamine
1050	—	—	Peru	———
1037	—	—	Deutschld.	Joh. Tob. Mayer
1040,3	—	—	——	G. E. Müller, (Major)

Jo. Henr. Winkler *tentamina circa soni celeritatem per aërem atmosphaericum.* Lips. 1763. 4.

Die Versuche wurden angestellt, indem man zur Nachtzeit Canonen an Orten abfeuren ließ, nach denen man von einer Anhöhe aus freie Aussicht hatte, die Entfernung jedes Orts von der Anhöhe genau maß, und an einer genauen Secunden- (oder Tertien-) Uhr die Zeit beobachtete, welche vom Erblicken des Feuers bis zum Hören des Knalls verstreicht.

Cassini, Maraldi, de la Caille, fanden bei Regenwetter und bei heiterem Himmel die Geschwindigkeit des Schalles nicht verschieden.

Auch hatte die Richtung des Urschalls z. E. bei Canonenschüssen, keinen Einfluß darauf.

Wenn bei einem Schalle zugleich Wind Statt findet, so gelangt der Schall nothwendig geschwinder zum Ohre, wofern

wofern derselbe vom schallenden Körper nach dem Ohre wehet, im entgegengesetzten Falle um eben so viel langsamer.

Aenderung der Geschwindigkeit durch die Wärme der Luft. Kramp Gesch. der Aerostatik. Straßb. 1784. Anh. 1786. Chladni Akustik. §. 200.

§. 867.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der Schall sich in der Luft verbreitet, ist gleichmäßig (§. 79), so daß die durchlaufenen geraden Luftstrecken sich wie die Zeiten verhalten. Auch wird ein stärkerer oder schwächerer Schall, ein höherer oder tieferer Ton mit einerlei Geschwindigkeit verbreitet, obwohl ein stärkerer weiter gehört wird.

§. 868.

Wie weit ein Schall verbreitet werde, das hängt einestheils von seiner Stärke, mithin von allen den Umständen ab, von denen die Stärke abhängt (§. 859. 870). Daher hat die Beschaffenheit der Luft, wenn sie gleich die Geschwindigkeit des Schalls nicht zu ändern scheint (§. 668), allerdings Einfluß auf die Weite der Verbreitung desselben in der Luft.

Darauf hat bei Canonenschüssen und ähnlichen Arten der Schallerzeugung auch die Richtung Einfluß.

Dahin, wohin der Wind vom Orte des Urschalls wehet, verbreitet der Schall sich weiter, einestheils, weil er schallende Luft geradezu hinträgt, anderntheils vielleicht, weil er seitwärts gehende Schallstralen umkrümmt.

§. 869.

Nicht allein mehrere verschiedene Töne (§. 847), sondern sogar verschiedene Arten (§. 840) des Schalles können in einem und demselben mit Luft erfüllten Raume zugleich verbreitet und dadurch gehört werden.

Da wir dieses noch nicht erklären können, so ersehen wir auch daraus, wie unvollkommen noch unsere Kenntniß des Schalles sey.

§. 870.

Daß auch Wasser den Schall fortsetzen könne, zeigt nicht allein das Gehörorgan der Fische, Krebse rc.; sondern es ist auch aus dem Locken zahmer Fische durch Glocken, aus dem Zusammenschlagen elfenbeinerner rc. Kugeln unter Wasser, das man in der Luft hört, und aus Versuchen über das Hören unter Wasser bekannt, die man durch Taucher hat anstellen lassen. Man hört unter Wasser einen in der Luft hervorgebrachten, und hingegen auch in der Luft einen unter Wasser hervorgebrachten Schall. Noch stärker hört man im Wasser einen unter Wasser hervorgebrachten Schall.

Nollet *leçons de phys. exp.* III. p. 417. und *sur l'ouie des poissons* in den *Mem. de l'ac. de sc. de Paris*. 1743. p. 99.

Bei Versuchen über das Hören in der Luft eines im Wasser hervorgebrachten Schalls hat man durch Auskochen und Auspumpen des Wassers sich überzeugen können, daß es das Wasser selbst sey, welches den Schall fortpflanzt; nicht die mit ihm vermengte Luft.

Das

Das Wasser macht die Töne klingender Körper, die mit ihm umgeben sind, tiefer, als sie in der Luft gegeben werden, indem es, als ein dichterer Stoff, die Schwingungen verzögert. Es zeigt sich dieses, indem man einen klingenden Körper ganz oder zum Theile unter Wasser taucht; bei Gefäßen, Glocken 2c. indem man sie mit Wasser anfüllt.

§. 871.

Daß auch andere liquide Körper, selbst Oele, den Schall fortsetzen, ist ebenfalls durch Versuche wenigstens so weit erwiesen, indem man Körper an Faden hängend in liquide Körper eingetaucht schallen ließ, und ihren Schall in der benachbarten Luft hören konnte.

Perolle Versuche über die Fortpflanzung des Schalles durch feste und flüssige Körper in den *Mem. de l'acad. de Turin*. Tom. V. 1790—1791. üb. in Gilbert's Annal. der Physik. III, 2. S. 172.

§. 872.

Eben diese Versuche zeigen, daß der Schall in liquiden Körpern stärker sey, als in der Luft, wenigstens, daß ein Urschall sich weiter verbreite, wenn er erst einem Liquidum, und dann der Luft, als wenn er unmittelbar der Luft sich mittheilt. Auch das specifisch schwerere Liquida den Schall stärker fortpflanzen.

Den Schlag einer in einem Liquidum an einem Faden aufgehängten Taschenuhr hörte man im Weingeist auf 12, im Terpentinöl auf 14, im Olivenöl auf 16, im Was-

Wasser auf 20 Fuß. In der bloßen Luft hörte man denselben auf 8 Fuß. Perolle a. a. O. S. 172. u. Arnim's unten angef. Abh. S. 116.

§. 873.

Und daß selbst feste Körper den Schall, auch zu unserem Ohre fortsetzen können, ja daß man einen Schall durch sie stärker, als durch Luft, hört, ist aus mehreren Erfahrungen bekannt.

Hören eines Schalls bei verstopften Ohren, wenn der schallende Körper mittelst eines Stabes, eines Fadens rc. nur mit den Zähnen oder anderen Kopfknochen in Verbindung steht. Jo. Jorissen *diss. in qua explicatur nova methodus surdos reddendi audientes.* Hal. 1757. Jo. Henr. Winkler *de ratione audiendi per dentes.* Lips. 1759.

Nach von Arnim (Gesetze für die Stärke der Schallfortpflanzung in Gilbert's Annalen der Physik. IV. 1. S. 112.) steht die Stärke der Schallfortpflanzung bei festen Stoffen im Verhältniß ihrer Cohäsion. Damit (§. 173) stimmen Perolle's Versuche an Metallen, nach denen sie in Rücksicht auf die Stärke der Schallfortpflanzung so folgen: Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Zinn, Blei, überein. Dann folgen nach Perolle: Darmsaiten, Haar, Seide, Hanf, Flachs, Wolle, Baumwolle (in welcher Reihe freilich die Baumwolle mehr Cohäsion hat, als die Wolle). Daß die Hölzer nach Perolle den Schall stärker fortpflanzen, als Metalle, ist wohl ihrem Bau zuzuschreiben, vermöge dessen sie eine Menge eingesperrte Lufttheilchen enthalten.

Hören eines an der Erdfläche hervorgebrachten Schalls in großer Entfernung, wenn man das Ohr an die Erdfläche legt.

§. 874.

Wahrscheinlich geschieht das Fortpflanzen des Schalls in festen Körpern eben so, wie in der Luft, durch ein von der Stelle an, an welcher der Urschall auf den festen Körper wirkt, abwechselnd geschehendes Zusammendrücken und Wiederausdehnen, so daß diese Bewegung mit der ganz übereinstimmt, welche oben Longitudinalschwingung (§. 846) genannt wurde. Wenn dieses so ist, so würde sich dennoch die **Geschwindigkeit** der Fortpflanzung des Schalls durch **feste** Korper bestimmen lassen.

Es würde nämlich durch jeden festen Körper der Schall in eben der Zeit gehen, in welcher er, wenn er ganz frei schwingt, eine Longitudinalschwingung macht. Demnach würde der Schall durch Kupfer beinahe 12mal geschwinder gehen, als durch die Luft. **Chladni's Akustik. §. 226. Vergl. Herbold's Beob. in Reil's Archiv für die Phys. III. 2. S. 166.**

§. 875.

Die Verschiedenheit in der Art des Schalls (§. 847) zeigt sich auch bei seiner Fortsetzung. Denn man hört von demselben Urschalle eines Körpers eine andere Art des Schalles, je nachdem derselbe mit Luft, mit einem oder dem anderen Liquidum umgeben ist. Auch feste Körper ändern, wenn sie zur Mittheilung des Schalles dienen, die Art des Schalles ab.

§. 876.

§. 876.

Wenn der in der Luft verbreitete Schall an einen harten Körper stößt, so wird er nach den Gesetzen des Stosses (§. 273. 288) zurückgeworfen, d. h. die schwingende Bewegung der Luft setzt sich von der Oberfläche des harten Körpers aus wiederum rückwärts fort. So entsteht der **Widerhall**, vermöge dessen ein in der Luft verbreiteter Schall beträchtlich verstärkt und verlängert wird; da er hingegen in weichen Körpern geschwächt und gehemmt wird.

§. 877.

Ein Widerhall, bei welchem der zurückgeworfene Schall von dem Urschalle deutlich unterschieden werden kann, heißt ein **Echo**. Dieses erfordert eine hinlängliche Entfernung des zurückwirkenden Körpers von dem Orte des Urschalls (§. 866), wenigstens 60'; scheint aber auch eine gewisse schickliche (hohle) Gestalt der Oberfläche des zurückwerfenden Körpers zu erfordern.

Unterschied des Falles, in welchem das Ohr und der Urschall an einem Orte, oder beide an verschiedenen Orten sind. Einsylbiges, mehrsylbiges Echo. Doppelt wiederholendes Echo.

Noch nicht befriedigend erklärt ist es, wie das Echo auch articulirte Töne der menschlichen Stimme zurückgiebt.

Genauere Bestimmung des Echo s. in Chladni's Akustik. §. 212. Kann auch von der Oberfläche des Wassers

Echo

Echo entstehn? Brandes in Voigt's Mag. für N. K. V. 1. S. 65.

Ueber zweckmäßige Einrichtung zum Hören bestimmte Gebäude. Chladni §. 214. u. J. G. Rhode Theorie der Verbreitung des Schalls für Baukünstler. Berl. 1800. 8.

§. 878.

Da wir die Art und Weise der Verbreitung des Schalls in der Luft noch lange nicht so gut kennen, als die des Lichts, so können wir auch noch nicht so genau diejenigen Gestalten der Körper bestimmen, welche den Schall durch Zurückwerfung versammlen, als bei dem Lichte. Indessen zeigen doch die sogenannten Sprachgewölbe, daß gewisse Gestalten der Oberfläche des zurückwerfenden Körpers die Zurückwerfung des Schalles befördern.

Wenn die Verbreitung des Schalls, wie die des Lichts, in geraden Linien (Schallstralen) geschieht, so müssen in einem Sprachgewölbe, das die Gestalt eines Ellipsoids hat, (d. h. eines Körpers, der beschrieben wird, indem eine Ellipse sich um ihre große Axe bewegt,) die aus einem Brennpuncte desselben kommenden Schallstralen von allen Puncten der innern Oberfläche so zurückgeworfen werden, daß sie in dem andern Brennpuncte desselben versammlet werden. Es wird also, wenn Jemand, dessen Mund sich in dem einen Brennpuncte des Gewölbes befindet, so leise redet, daß es an andern Orten des Gewölbes nicht gehört werden kann, ein anderer es hören können, dessen Ohr sich im andern Brennpuncte befindet. — Sprachgewölb im Gebäude der Sternwarte zu Paris. Die Kuppel der Paulskirche in London. ꝛc.

Hätte

Hätte ein Gewölbe die Gestalt eines Paraboloids (§. 563), so würden Schallstralen, welche parallel mit dessen Axe in dasselbe fielen, im Brennpuncte desselben versammlet werden, und umgekehrt, aus dem Brennpuncte auf die innere Oberfläche des Gewölbes fahrend, so zurück geworfen werden, daß sie mit der Axe parallel giengen. Das Orecchio di Dionysio oder die Grotta della Favella zu Syrakus. Beckmann's Gesch. der Erfind. I. 4. Leipz. 1786. S. 467.

§. 879.

Auf der Zurückwerfung des Schalles beruhet auch die Wirkung des Sprachrohrs (*Tuba stentorophonica*), einer Röhre, welche, mit einer Mündung an den Mund eines Menschen gehalten, den Schall der aus dem Munde kommenden Stimme so verstärkt, daß derselbe aus der andern Mündung sich viel weiter, als ausserdem geschehen würde, in der Luft verbreitet. Dies geschieht, wenn die aus einander fahrenden Schallstralen der Stimme an den Wänden des Sprachrohrs so zurückgeworfen werden, daß sie parallele oder doch wenig divergirende Richtungen erhalten.

Die Erfindung des Sprachrohrs wird dem Ritter Morland (1760) zugeschrieben. *An account of a speaking trumpet as it hath been contrived by* Sam. Morland. London 1671. Die Gestalt eines abgekürzten Kegels leistet, nach Lambert (*sur quelques instrumens acoustiques* in den *Mem. de l'acad. de Berlin.* 1763. p. 87. übers. von Huth. Berlin 1796. 8.) wenn nicht mehr, doch eben so viel, als andere, die man

man empfohlen hat, und welche wahrscheinlich deswegen nicht so viel wirken, als die Theorie versprach, weil der Schall nicht aus einem Puncte kommt. Cassegrain (*Journ. des sçav.* 1672.) hatte vorgeschlagen, die Seite des Sprachrohrs hyperbolisch zu krümmen, so daß die Axe des Rohrs die Asymptote der Hyperbel würde; Joh. Matthias Hase (*de tubis stentoreis.* Lips. 1719. 4.), es aus einem elliptischen und einem parabolischen Stücke zu zusammen zu setzen, daß der Mund in einem Brennpuncte der Ellipse angesetzt werde, das andere Brennpunct zugleich Brennpunct der Parabel sey.

Hassenfratz leitet die Wirkung des Sprachrohrs bloß von der stärkern Schwingung her, welche die Luft durch die Einschliessung erleidet. *Annales de Chimie.* L. p. 297. Gilbert's Annalen. XIX. 2. S. 145.

Das erste Morlandsche Sprachrohr war von Glase, das folgende von Kupfer. Es ist zweckmäßig, daß der Stoff des Rohrs elastisch, und die innere Fläche glatt, aber die äussere Fläche mit einer weichen Hülle (wollenem Tuch) umgeben sey.

§. 880.

Ein gleich weites (kylindrisches, prismatisches) Rohr kann bloß dazu dienen, den Schall der Stimme aus einem Munde, der an das eine Ende des Rohrs gehalten wird, ungeschwächt in ein Ohr zu bringen, das an das andere Ende desselben gehalten wird, indem durch wiederholtes Zurückwerfen in dem Rohre fast alle Schallstralen zu dem Ohre gelangen, von denen ohnedem nur ein sehr kleiner Theil zu demselben gelangt seyn würde.

Ein

Ein solches Rohr könnte also bloß dazu dienen, daß zwei Personen in einer beträchtlichen Entfernung dadurch mit einander reden könnten, ohne daß ein Dritter etwas davon vernehme. Chladni (Akustik. §. 208) nennt es ein Communicationsrohr.

§. 881.

Wenn der von einem tönenden Körper in der Luft sich verbreitende Schall einen andern elastischen Körper trifft, so kann dieser selbst dadurch in eine schwingende Bewegung versetzt werden und schallen, so daß davon ein neuer Schall entsteht, der dann ebenfalls durch die Luft fortgesetzt werden kann. Dadurch wird der Schall beträchtlich verstärkt. Wenn der getroffene Körper dazu fähig ist, so geräth er in Schwingungen von derselben Schwingungszahl und giebt also denselben Ton. Dies ist diejenige Wirkung, welche man gewöhnlich die Resonanz, besser das Wiedertönen, nennt.

Ist nicht das Echo (§. 870) oft von dieser Art?

Die Resonanzböden der musikalischen Instrumente.

Zerschreien eines Glases. Jo. Georg. Morhof *Stentor hyaloclastes s. de scypho vitreo per certum humanae vocis sonum fracto*. Kil. 1683. 4.

§. 882.

Das zwiefache Organ, vermöge dessen wir hören, besteht in jeder Hälfte unseres Körpers, eben wie das des Sehens (§. 650), aus zartem Nervenmark, und ist ebenfalls, sowohl zur Befestigung, als

als zum Zwecke des Hörens, mit einem höchst bewunderswürdig gebildeten aus Körpern verschiedener Art zusammengesetztem Gehäuse, dem **Ohre** (*Auris*) verbunden.

§. 883.

Das äussere Ohr ist eine gekrümmte hohle mit einer stark und fettlos aufliegenden Fortsetzung des Fells überzogene Knorpelscheibe, welche nur dazu dient, mehr Schallstralen in das **innere Ohr** zu leiten, als ohnedem hineinfallen würden. Das **innere Ohr** liegt in einem sehr dichten harten Knochen, dem sogenannten **felsigten Theile** (*Os petrosum*) des Schläfenbeins: der **Gehörgang** (*Meatus auditorius*), ein kylindrischer Kanal, führt auf das **Paukenfell** (*Membrana tympani*), ein dünnes straff gespanntes Häutchen, welches jenen Kanal von der **Pauke** (*Tympanum*) scheidet. In der mit diesem Namen belegten knöchernen Höhle liegen die drei **Gehörknöchelchen** (*Ossicula* auditus): der **Hammer** (*Malleus*) steckt mit seinem Handgriffe am Paukenfelle; an seinem Kopfe ist der des **Ambosses** (*Incus*) und an dessen langen Schenkel das Knöpfchen des **Steigbügels** (*Stapes*) eingelenkt. Der Fußtritt (Basis) des Steigbügels steht, gleichsam als eine Klappe, im halbelliptischen Loche (Fenestra semiovalis), das aus der Pauke in den **Vorhof** (*Vestibulum*) des **Labyrinthes** führt. Dieser, der mittlere Theil des

La-

Labyrinths, eine rundliche knöcherne Höhle, in welcher zwei häutige Säckchen eingeschlossen liegen, hat hinter sich die drei **Bogengänge** (*Canales semicirculares*), kylindrische gekrümmte knöcherne Kanäle, deren jeder einen häutigen Kanal in sich hat, und vor sich die **Schnecke** (*Cochlea*), ein knöchernes Behältniß, das einem Schneckenhause ähnlich, einen zwiefachen, durch ein gewundenes Blatt (Lamina spiralis) getheilten, Kanal von dritthalb Windungen enthält, und auf jenem Blatte mit einem zarten Häutchen überzogen ist. Der **Gehörnerve** (*Nervus acusticus*), welcher durch ein eigenes Loch (*Sinus acusticus*) zum Labyrinthe tritt, verbreitet sein Mark in den häutigen Säckchen des Vorhofes, den häutigen Kanälen und dem Häutchen des gewundenen Blattes. Alle diese Häutchen und so ihr Nervenmark selbst sind auf beiden Flächen mit einer wäßrigen Feuchtigkeit (*Aquula Cotunnii*) umgeben, welche vielleicht dazu dienen mag, dieses Nervenmark vor der zu starken Erschütterung vom Schalle zu schützen.

§. 884.

Wie vermöge aller dieser Theile des Ohrs das Hören geschehe, können wir noch viel weniger nachweisen, als bei dem Auge (§. 660 fgg.). Nur so viel zeigt die Verbindung und Lage derselben, daß der Schall das gespannte Paukenfell erschüttere, dessen Erschütterung dann durch die drei Gehör-

knö-

knöchelchen und das halbelliptische Fenster dem Nervenmarke im Labyrinthe sich mittheilen müsse.

§. 885.

Um für ein schwach hörendes Ohr den ihm nahen Schall der Luft zu verstärken, dient ein Hörrohr (*Tuba acustica*), das eine weitere Mündung zum Auffangen der Schallstralen und eine engere zum Eintritte in den Gehörgang hat.

Parabolische ꝛc. Gestalt des Hörrohrs. Lambert *sur quelques instrumens acoustiques*. §. 69. Es scheint aber bei diesem Werkzeuge mehr auf die Verdichtung der vom Hörrohre eingeschlossenen Luft, als auf die Leitung des Schalls anzukommen; denn es nüzzet dem schwach Hörenden nur dann beträchtlich, wenn der Redende in die weite Mündung hineinspricht ꝛc.

* * *

Die Akustik, bearbeitet von Ernst Florens Friedrich Chladni. Leipzig 1802. 4. (Man findet in diesem Werke auch die vollständige Literatur dieses Theils der Naturlehre.)

Drei-

Dreizehntes Kapitel.

Von dem Magnetismus.

§. 886.

Unter den natürlichen Eisenmassen, welche in der Erdrinde angetroffen werden, findet man einige, welche die Eigenschaft haben, anderes Eisen an sich zu ziehen. Man nennt eine solche Eisenmasse einen **Magnet** (*Magnes, Siderites, Lapis nauticus*). Durch eine gewisse nachher näher zu bestimmende Wirkung eines **natürlichen** Magnets auf durch die Kunst zubereitetes Eisen können **künstliche**, und durch künstliche wieder andere künstliche Magnete erzeugt werden.

Unter dem Namen **Magnet** (Μαγνητης), von der Stadt **Magnesia** in Lydien, in deren Gegend man ihn zuerst gefunden haben soll, wird dieser Stein schon in einem alten dem **Orpheus** zugeschriebenen griechischen Gedichte: Λιθικα, aufgeführt. **Gehler's** phys. Wörterbuch. III. S. 111.

§. 887.

Das **Anziehen** des Magnets zum Eisen zeigt sich erstlich in der **Berührung**, so daß eine Eisenmasse, einen Magnet berührend, an demselben fortgezogen werden kann, als wenn sie mit ihm zusammen hienge, ja, wenn sie ihn von unten berührt, ohne alle Unterstützung an ihm hängen bleibt.

Die

Die Anziehung des Magnets hebt also das Gewicht der von ihm angezogenen Eisenmasse auf. Je nachdem der Magnet stärker ist, trägt er auf diese Weise eine größere Last. Eben so hängt auch der Magnet an anderem Eisen, doch kann er nur unter der Bedingung selbst getragen werden, daß sein Gewicht die größte Last nicht übersteigt, welche seine Anziehung tragen kann.

Wenn ein Magnet und das andere an ihm hängende Eisen unterstützt sind, und eine andere Kraft angewandt wird, sie zu trennen, so zeigt sich auch dabei ein beträchtlicher Widerstand.

§. 888.

Es zeigt sich aber das Anziehen des Magnets fürs andere auch in beträchtlicher **Entfernung**. Ein Magnet und eine andere Eisenmasse bewegen sich in einer Entfernung von 1''', 2''' ..... gegen einander, wenn beide gleich beweglich sind; ausserdem bewegt sich das Beweglichere gegen das minder Bewegliche. Der einen Magnet umgebende Raum, innerhalb dessen er diese Anziehung wirkt, heißt der **magnetische Wirkungskreis**.

Ein Magnet gegen eine unmagnetische an einem Faden hängende Nadel gehalten; über auf Papier liegende Eisenfeile gehalten; rc.

§. 889.

Eben diese Magnete, sowohl die künstlichen, als die natürlichen, haben die Eigenschaft, sich wenn sie hinlänglich beweglich sind, nach den

 Welt-

Weltgegenden, Norden und Süden, zu stellen, d. h. ein gewisses Punct ihrer Oberfläche (beinahe) nach **Norden**, ein anderes jenem entgegen gesetztes (beinahe) nach **Süden** zu richten. Man nennt daher diese Puncte in Beziehung auf die Endpuncte der Erdaxe die **Pole** des Magnets, das eine dieser Puncte den **Nordpol**, das andere den **Südpol**, die gerade Linie zwischen beiden Polen die **Axe** des Magnets. Eine Ebene, welche mitten zwischen beiden Polen auf der Axe desselben senkrecht steht, heißt sein **Aequator**, insbesondere bei den von William Gilbert angegebenen **Terrellen**, d. h. Magneten, welchen man in Vergleichung mit der Erde eine kuglichte Gestalt gegeben hat.

Plinius (*hist. nat.* XXXVI. c. 16.) und Lucretius (*de rerum natura.* VI. v. 1400 sqq.) beschreiben das Anziehen, lezterer auch das Abstoßen des Magnets; aber der Richtung nach den Weltgegenden erwähnen sie gar nicht. Die Entdeckung dieser Richtung, welche für die Schiffahrt so äusserst wichtig worden, scheint jedoch vor dem Jahre 1181 gemacht zu seyn, obwohl die Erfindung des Compasses dem Neapolitaner Flavio Gioja, der in dem Anfange des 14. Jahrhunderts lebte, zugeschrieben wird. Gehler's phys. Wörterb. I. S. 522.

Natürliche Magnete mit drei oder mehreren Polen, die aus zweien oder mehreren verwachsenen zu bestehen scheinen.

§. 890.

Die Anziehung des Eisens zum Magnete ist etwas anderes, als die Schwere (§. 128), denn es zeigt

zeigt in der Wirkung zweier Magnete auf einander Anziehung und (nicht bloß scheinbare) Abstoßsung zugleich. Die ungleichnamigen oder entgegengesetzten Pole zweier Magnete ziehen einander an, und heißen daher **freundschaftliche** (Poli *amici*); die gleichnamigen stoßen einander ab, und heißen daher **feindschaftliche** (Poli *inimici*). Der **Nordpol** eines Magnets zieht den Südpol des anderen, der **Südpol** des einen zieht den Nordpol des anderen. Der **Nordpol** des einen stößt den Nordpol des anderen ab; der **Südpol** des einen stößt den Südpol des anderen ab. Man nennt diesen Gegensatz im Magnete, von welchem auch seine Stellung nach den Weltgegenden abhängt, seine **Polarität**: und eben diese Polarität nennt man vom Magnete **Magnetismus**. Jeden Pol eines Magnets nennt man in Rücksicht auf den andern **different**.

Man zeigt dies am leichtesten, indem man einen in der Hand gehaltenen Magnet gegen eine sehr bewegliche Magnetnadel führt.

Ein Schiffchen, das am Vordertheile den Nordpol, am Hintertheile den Südpol eines Magnets trägt, auf stillem Wasser schwimmend, wird mit dem Südpole eines starken Magnets vorgezogen, mit dem Nordpole desselben gerade zurückgeschoben: beides schon in beträchtlicher Entfernung.

Magnetische Uhren, deren Zeiger (ein beweglicher Magnet) sich nach einem anderen Magnete stellt und man-

cherle

cherlei andere magnetische Spielereien und Kunststücke beruhen auf dieser Wirkung.

Einfluß des Magnetismus auf den Gang der Uhren. Varley in den *Ann. des Arts*. Voigt's Mag. für Naturkunde. V. 1. 87.

§. 891.

Die Polarität eines Magnets läßt sich desto deutlicher wahrnehmen, je länglichter er ist, d. h. je mehr seine Länge seine Breite und Dicke übertrifft und je regelmäßiger er so gestaltet ist, daß die nach seiner Längendimension laufenden Flächen parallel sind. Es zeigt sich an einem so gebildeten Magnete, (Stab, Nadel,) daß die Nordpolarität in der einen Hälfte, die Südpolarität in der andern Hälfte seiner Länge herrsche. In jeder von beiden ist die Fähigkeit, auf die Pole eines andern Magnets anziehend und abstoßend zu wirken, am stärksten an den Enden, und nimmt nach der Mitte zu ab. In der Mitte der Axe des Magnets liegt das Indifferenzpunct, in welchem ein Magnet weder den Nordpol noch den Südpol eines andern zieht oder stößt.

Richtig so genannt nach Schelling (Zeitschrift für spec. Phys. I. 1. S. 111.), aber nicht mit Brugmann's Indifferenzpuncten zu verwechseln. S. unten §. 904. Cavallo (S. 56) nennt dieses Punct das magnetische Mittelpunct.

§. 892.

Für die Anziehung anderen nicht magnetischen Eisens ergiebt die genauere Untersuchung, daß ein Ma-

Magnet dasselbe am stärksten an seinen Polen, nach der Mitte zu schwächer, und im Indifferenzpuncte gar nicht zieht; und daß, indem er es zieht, er ihm selbst Polarität giebt, so daß ein Magnet den andern erzeugt. **Jeder Pol eines Magnets macht das Ende einer anderen Eisenmasse, welcher er nahe kommt, zu einem ihm freundschaftlichen Pole.** Der Nordpol eines Magnets macht das Ende einer Eisenmasse, welches ihm nahe kommt, zum Südpole, das entgegengesetzte zum Nordpole, und zieht nun den entstandenen Südpol. Eben so im entgegengesetzten Falle der Südpol.

Daher der sogenannte Bart, welcher sich an einen Magnet setzt, wenn man einen seiner Pole an Eisenfeile bringt, und die wirbelförmigen Reihen, welche Eisenfeile auf eine Glastafel gestreut bildet, unter der ein Magnet liegt.

Ein eisernes Stäbchen (dünne Nadel), rc. an den Nordpol eines Magnets geworfen, stellt sich senkrecht auf seine Oberfläche; indem das berührende Ende Südpol, das abgewandte Nordpol wird. An dieses Ende hängt sich eben so ein zweites Eisenstäbchen; an das abgewandte Ende dessen ein drittes u. s. w. so daß immerfort ein Magnet den andern erzeugt.

Die Bärte gleichnamiger Pole zweier Magnete stoßen einander zurück; die Bärte ungleichnamiger greifen, gleichsam einander begehrend, zusammen.

§. 893.

Die **Stärke** eines Magnets kann in zwiefacher Rücksicht verschieden seyn. Einmal in Rücksicht

sicht auf die Größe der Last, welche er tragen kann, oder einer Kraft von anderer Art, die ihn und das an ihm hängende Eisen zu trennen strebt; zum andern in Rücksicht auf die Entfernung, in welcher er auf anderes Eisen wirkt. Ein Magnet heißt stärker als ein anderer, wenn er eine größere Last trägt (§. 887); er heißt aber auch stärker, wenn er in größerer Entfernung wirkt. Beiderlei Stärke scheint jedoch in einem Magnete in gleichem Verhältnisse zu stehen.

In gleichem Verhältnisse bei unmagnetischem Eisen, und wieder bei einem Magnet, auf die ein Magnet wirket. Aber bei unmittelbarer Berührung zieht ein Magnet einen andern nicht so stark als unmagnetisches Eisen, und hingegen fängt die Anziehung zwischen zweien Magneten in größerer Entfernung an, als zwischen Magnet und Eisen. Cavallo vom Magnet. S. 17.

Ein jeder Magnet scheint nur ein gewisses Maximum von Stärke des Magnetismus erhalten zu können. Dieses Maximum der Stärke der Magnete verhält sich aber gar nicht, wie die Masse; wahrscheinlich hängt es von der materiellen und formellen Beschaffenheit des Eisens in jedem Stücke ab.

§. 894.

Die Stärke der einzelnen Theile eines Magnets verhält sich bei der Anziehung in der Berührung wie ihr Abstand vom Mittelpuncte, ist also im Indifferenzpuncte o.

Ein Stück Eisendrath einige Linien lang stellt sich an einem Pole eines Magnets oder doch nahe daneben senk-

recht,

recht, indem es selbst Magnet wird (§. 892); am Indifferenzpuncte hingegen legt es sich platt auf. Erklärung beider Erscheinungen.

§. 895.

Die Anziehung eines Magnets in der Entfernung nimmt mit vergrößerter Entfernung immer mehr ab; für jedes einzelne **Theilchen** wahrscheinlich, wie bei der Schwere (§. 128), **im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung** ab. Da aber die Theilchen eines Magnets mit sehr verschiedener Stärke wirken (§. 894), so ist es äusserst schwierig zu bestimmen, in welchem Verhältnisse die Anziehung eines **ganzen** Magnets in der Entfernung abnehme.

Tobias Mayer's Abh. S. Erxleben's Naturlehre von Lichtenberg. §. 568. 709.

§. 896.

Es ist schwer, und für den gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse vielleicht nicht möglich, diese Erscheinungen zu begreifen. Indessen befriedigt das, was die dynamische Naturlehre (§. 116) darüber sagen kann, doch einigermaassen, weil sie die Erklärung derselben aus demselben Dualismus (§. 119. 120) ableitet, welchen sie ihrem ganzen Systeme zum Grunde legt.

§. 897.

Offenbar wirken an den beiden Polen des Magnets zwei einander **entgegengesetzte Kräfte.**

Wir bezeichnen sie, auch ohne alle Rücksicht auf eine Hypothese, um bequem von ihnen und ihren Wirkungen reden zu können, mit den Namen + M und — M, und stellen aus der Erfahrung das Gesetz auf:

+ M und — M **ziehen einander an;**
+ M und + M **stoßen einander ab:**
— M und — M **stoßen einander ab.**

§. 898.

Die magnetische Anziehung wirkt nicht allein **durch** die **Luft**, so gut, wie im luftleeren Raume, sondern auch **durch liquide** und **durch feste Körper**, wenn nur nicht die Entfernung zu groß ist, selbst durch die dichtesten, die Metalle.

Man lege Stückchen Eisendrath auf eine Platte von Holz, Papp, Glas, Zinn, ꝛc. und führe dann einen Pol eines Magnets unter der Scheibe hin. — Wirkungen eines Magnets auf einen andern, der unter Glas in einer Capsel liegt.

§. 899.

Da wir bei den Wirkungen des Magnets schlechterdings nichts materielles, ausser dem Eisen selbst, wahrnehmen, vielmehr diese Erscheinung (§. 898) wider die Annahme einer magnetischen Materie spricht, die aus einem Pole des Magnets ausströmen, und in den andern einströmen soll, so wird es gestattet seyn, diese Kräfte als selbst **nicht materiell** anzunehmen. Da nun überdem diese Kräfte eben

eben dieselben zu seyn scheinen, welche, nur auf verschiedene Weise, in der Elektricität und im chemischen Processe wirken, so werden wir ganz natürlich darauf geführt, uns unter jenen + M und — M die Grundkräfte selbst (§. 119. 120) zu denken.

De Cartes Wirbel spiralförmig gewunden, und Schraubengänge im Magnet (*Princip. philos.* IV. §. 113. sqq.). Euler's Kanäle im Magnet mit Klappen, welche den Aether (§. 507) nur in einer Richtung durchlassen ꝛc. (*Nova theoria magnetis praemio condecorata.* Berol. 1744. In *opusc.* III. Berol. 1751. 4.)

Rich. Kirwan's Ideen über den Magnetismus aus den *Transactions of the royal irish Academy.* VI. übers. in Gilbert's Annalen der Physik. VI. 4. S. 391.

§. 900.

Ein Magnet unterscheidet sich von unmagnetischem Eisen durch eine in ihm entstandene **Entzweiung** (oder wie sie gewöhnlich heißt: **Vertheilung**) beider Grundkräfte. Eine gewisse Quantität seiner Grundkräfte ist in ihm dermaassen frei geworden, daß diese zwar noch an der Materie des Eisens haftet, aber doch über die Gränze derselben hinaus wirken kann: die frei gewordene Dehnkraft (+ M) wirkt aus dem einen, die frei gewordene anziehende Kraft (— M) aus dem andern Pole hinaus.

Diese Wirkung mit der Wirkung unseres aus der Sphäre unseres Körpers hinaus wirkenden Geistes verglichen berechtiget gewissermaassen mit Winterl diese Kräfte be-

begeistende Principien zu nennen. S. davon mehreres im Kap. von der Elektricität und dem vom chem. Processe.

§. 901.

Da das Freiwerden jeder dieser Kräfte dem allgemeinen Bestreben derselben (§. 120. b), sich zur Materie zu vereinigen, entgegen ist, so entsteht daraus, daß das an einem Pole eines Magneten wirkende + M das an dem gleichnamigen Pole eines andern Magneten wirkende + M in seiner Nähe nicht duldet; daher das Abstoßen der gleichnamigen Pole. Hingegen aus dem Bestreben der Grundkräfte, sich mit einander zu vereinigen, entsteht das Anziehen der ungleichnamigen Pole: doch kann es nicht zur Vereinigung beider Kräfte kommen, weil jede an ihrer Eisenmasse haftet.

§. 902.

Man darf sich diese Entzweiung der + M und — M im Magnete nicht so vorstellen, als ob in einer Hälfte des Magnets sich bloß + M, in der andern bloß — M befände. Der Gegensatz des + M und — M herrscht durch den ganzen Magnet, es wirkt nur das + M nach dem Nordpole, das — M nach dem Südpole hin.

Man schlage einen Magnet (am besten eine sehr lange stark gehärtete Magnetnadel, wie sie zu den Abweichungscompassen gebraucht werden) in einiger Entfernung vom Südpole entzwei, so wird man finden, daß das Bruchende des abgeschlagenen Südpolstücks unbeschadet

schadet der Südpolarität des Südpols selbst Nordpolarität hat, ꝛc.

In so fern das eine M nach dem Nordpole, das andere nach dem Südpole hinstrebt, kann man einen Magnet als eine Reihe von Potenzen betrachten, die auf der einen Seite des Indifferenzpuncts, (in welchem M auf der Potenz Null steht,) mit positiven, auf der andern Seite desselben mit negativen Exponenten steigen:

$$M^{n} \ldots M^{3}\; M^{2}\; M^{1}\; M^{0}\; M^{-1}\; M^{-2}\; M^{-3} \ldots M^{-n}$$

C. A. Eschenmeier (alias Eschenmayer) Versuch, die Gesetze magnetischer Erscheinungen aus Sätzen der Naturmetaphysik mithin a priori zu entwickeln. Tübingen 1798. 8.

§. 903.

Daß das Eisen zum Magnetismus vorzüglich fähig sey, läßt sich einigermaassen aus seiner eigenthümlichen Beschaffenheit begreifen, indem es als ein Stoff von vorzüglicher Dichte und noch vorzüglicherer Cohäsion, zugleich aber als ein brennbarer Stoff beide Grundkräfte auf besondere Weise mit einander verbindet. Und eben daraus ist ferner einzusehen, wie nur solches Eisen fähig sey, Magnet zu werden, und nur solches fähig sey, vom Magnet gezogen zu werden, welches gar nicht oxydirt, oder doch nur wenig oxydirt (*Ferrosum*) ist.

Vollkommen oxydirtes Eisen (*Ferricum*) kann nicht Magnet werden, wird auch nicht vom Magnete gezogen. Ein Magnet hört auf Magnet zu seyn, sobald er vollkommen oxydirt wird. Doch zieht ein starker Magnet auch

auch Eisenvitriol, weil dieser das Eisen als Ferrosum enthält.

§. 904.

Im unmagnetischen Eisen sind die +M und —M noch gar nicht vertheilt (§. 900), sondern durchaus gleichmäßig verbunden. Wenn aber ein Magnet mit einem seiner Pole unmagnetisches Eisen berührt, so bewirkt er in demselben eine Vertheilung des +M und —M: das +M dieses Pols zieht das —M des andern Eisens nach dem von ihm berührten Ende desselben, wogegen das +M nach dem entgegengesetzten Ende weicht, und umgekehrt. Dadurch wird das andere Eisen selbst zum Magnet, und als solcher vom ersten Magnete angezogen. Eben das erfolgt schon in einiger Entfernung (§. 888).

Die Vertheilung des + und —M, und das Fliehen der gleichnamigen M vor einander zeigt sich sehr deutlich, wenn man einen starken Magnet auf einen langen eisernen Stab A B (Tab. VII. fig. 130.) auf folgende Weise wirken läßt. Man setze den Nordpol des Magnets auf das eine Ende A des Stabs, so wird A ein Südpol, B ein Nordpol. Man streiche mit dem Magnete von A nach B zu, so wird während dieses Fortgangs die Südpolarität des A allmälig schwächer, die Nordpolarität des B allmälig stärker. Kommt der Magnet bis nach X, so wird die Südpolarität des A Null, geht er weiter nach B zu, so erhält A gar Nordpolarität, welche immer stärker, und endlich am stärksten wird, wenn der Magnet B erreicht hat. Es geht also hier die Südpolarität des A durch Null allmälig in Nordpolarität über, während der Magnet von A nach B geht.

B geht. Aber während eben dieses Fortgangs geht auch die Nordpolarität des B durch Null in Südpolarität über, sie ist Null, indem der Magnet das Punct Y erreicht hat. Diese Puncte X und Y heissen nach Brugmanns Indifferenzpuncte, und müssen von dem einen Indifferenzpuncte eines schon bestehenden Magnets (§. 891) wohl unterschieden werden. Während eben dieses Fortgangs zeigt sich auch das vom van Swinden sogenannte culminirende Punct C. Wenn der Nordpol des streichenden Magnets sich an diesem befindet, so ist die Nordpolarität des Puncts B am stärksten; indem der Nordpol des streichenden Magnets weiter geht, so nimmt sie wieder ab, wenn er in Y ist, wird sie Null u. s. w. Die Lage dieser Puncte ist nicht allemal symmetrisch, sondern verschieden nach der Beschaffenheit des Eisens.

Ant. Brugmanns philosoph. Versuch über die magnetische Materie übersetzt von C. G. Eschenbach. Leipz. 1784. 8. I. B. van Swinden *tentamen theoriae magnetismi*. Franecq. 4.

§. 905.

Bei dieser Vertheilung des + und — M im Eisen, zeigt es sich als beständiges Gesetz, daß der Gegensatz derselben allemal **nach der Längendimension** (d. h. nach der größten) erfolge. Wenn ein Magnet mit einem Pole auf die Mitte eines eisernen Stabes wirkt, so erfolgt die Vertheilung aus der Mitte nach den Enden, und der Stab erhält an beiden Enden einerlei Polarität. Ist der berührende Pol des Magnets ein Nordpol, so entsteht an beiden Enden des Stabs ebenfalls Nordpolari-

tät, indem das +M des Magnets das +M des andern Eisens aus der Mitte nach den Enden treibt. Daher zieht auch ein Magnet nicht durch eine eiserne Platte anderes Eisen, so wie durch Platten von anderen Stoffen (durch die Dimension der Dicke hindurch), weil er eine Vertheilung des + und — M in der Platte selbst bewirkt, und seine Kraft darauf verwandt wird, diese Vertheilung aber nur nach der Längendimension sich wirksam zeigt. Wird hingegen ein Magnet mit einem seiner Pole an das eine Ende eines eisernen Stabes oder einer eisernen Platte gehalten, so wirkt er durch die Dimension der Länge allerdings auf Eisen, das am andern liegt (§. 892).

§. 906.

Wenn an die Pole eines Magnets zwei eiserne Stäbe (Parallelepipeda) so angelegt und befestigt werden, daß die Längen der Stäbe mit der Axe des Magnets einen rechten Winkel machen, und je ein Ende eines Stabs an einem Pole des Magnets anliegt, so wird das freie Ende des dieser Stäbe, der am Nordpol liegt, auch ein Nordpol, das freie Ende des, der am Südpol liegt, auch ein Südpol (§. 892). Der so belegte Magnet heißt **bewaffnet** (*armatus*); die an seinen Polen liegenden Stäbe heissen seine **Füße**. Man hänge den bewaffneten Magnet auf, so daß die Füße senkrecht herabragen, und lege unter beide einen eisernen Stab. (An-

(Anker), von dessen Mitte ein Haken herabhängt. An diesen Haken kann man Eisen hängen, und dann zeigt sichs, daß ein solcher bewaffneter Magnet mit beiden Polen zugleich weit mehr, als das doppelte des Gewichts trägt, welches er mit einem Pole tragen kann.

Es erklärt sich dieses aus der vermehrten Vertheilung des + M und — M in dem Eisen durch die gemeinschaftliche Wirkung beider Pole. Indem der eine Pol des Magnets das + M alles an ihm hängenden Eisens zieht, und das — M desselben stößt, so wird eben dieses — M von dem andern Pole gezogen, und das + M vom andern Pole gestoßen. Daraus erklärt sich auch, warum ein solcher Magnet eine größere Last bloßes Eisen trägt, als Eisen und mittelbar andere Stoffe, und warum man mehr Eisen von einem Amboße, als von einem hölzernen Tische aufheben kann; überhaupt warum ein Gewicht Eisen, das ein Magnet erst nicht trug, an ihm hängen bleibt, wenn man ein Stück Eisen eine Zeitlang darunter gehalten hat.

Wenn ein solcher Magnet anfangs höchstens eine gewisse Last trug, so kann man durch allmälig geschehende Vermehrung seiner Last bewirken, daß er immer mehr trägt, indem die Vertheilung seines eigenen + M und — M durch das anhängende Eisen befördert wird. Hingegen wird er schwächer, wenn er nichts zu tragen hat ꝛc.

§. 907.

Unmagnetisches Eisen kann, auch ohne seinen Magnetismus von einem andern Magnete zu erhalten, dadurch magnetisch werden, daß es stark

und wiederholt nach einer und derselben Richtung mit einer Feile gestrichen wird, besonders, wenn dieses nur in einer Hälfte der ganzen Länge geschieht, vielleicht indem der Druck die Entzweiung des + M und — M begünstiget. Eben das wirkt die schnelle Zusammenziehung, wenn man Eisen glühet, und die eine Hälfte schnell in kaltem Wasser abkühlt.

§. 908.

Hingegen wird der Magnetismus eines Magnets durch Erhitzung geschwächt, durch Glühen und langsames Erkalten ganz zerstört, indem dabei die + M. und — M sich wieder mit einander verbinden. Ferner schwächt den Magnetismus starke Erschütterung, (mit Stein auf Stein geschlagen werden,) öfteres Fallen auf harten Boden; Rost (d. h. Oxydation auf der Oberfläche) schwächt ihn sehr, völlige Oxydation hebt ihn gänzlich auf, indem sie die metallische Beschaffenheit (§. 903) aufhebt.

Der Magnetismus wird nicht bloß durch größere Hitze, bei welcher der Magnet sich schon oxydiren könnte, sondern schon durch geringere geschwächt, wie Cantons Versuche (*Philos. transact.* Vol. LI. P. I. p. 398.) lehren, bei denen er auf einen Magnet ein Gefäß setzte, in das er siedendes Wasser goß.

§. 909.

Ein eiserner Stab, an einem Ende von einem Pole eines Magneten kurze Zeit berührt, ist nur so lange Magnet, als diese Berührung dauert. Die Ent-

Entzweiung des + und — M ist ein gezwungener Zustand, aus welchem sie sich bestreben, herauszukommen und wieder in Vereinigung überzugehn. Nach längerer Berührung dauert der entstandene Magnetismus auch noch eine Zeitlang nach. Aber einen eisernen Stab zu einem **künstlichen Magnete** zu machen, der seinen Magnetismus monatelang und jahrelang behalte, dazu ist nöthig, denselben mit einem Magnete auf zweckmäßige Weise wiederholt zu **streichen. Stahl** dient dazu besser als Schmiedeeisen; er nimmt den Magnetismus zwar schwerer, als dieses an, behält ihn aber länger. Die **Gestalt** eines solchen Stabes muß länglich seyn, die Länge muß die Breite wenigstens zehnmal, besser mehr, übertreffen. Kylindrisch oder parallelepipedalisch ist übrigens gleichgültig; man wählt nur die leztere Gestalt wegen der sicherern Lage.

Der einfache Strich. Man setze den Nordpol eines einfachen; oder noch besser eines armirten und beschwert gewesenen Magnets in die Mitte C des eisernen Stabs, (Tab. VII. fig. 130.) streiche diesen damit bis an das eine Ende A, hebe den Magnet ab, so daß man einige Zoll lang ihn vom Stabe entfernt, setze ihn abermals auf die Mitte C, streiche wieder eben so, u. s. w. So wird dieses Ende A ein Südpol, und das andere B ein Nordpol. Zur Vermehrung der Polarität setze man nun den Südpol auf die Mitte des Stabs und streiche eben so bis an das andere Ende B, das dadurch um so mehr ein Nordpol wird.

Der Doppelstrich. Man setze beide Füße eines armirten Magnets auf die Mitte des Stabs, so daß der Nord-

Nordpol nach dem einen Ende desselben hingewandt ist, streiche dann bis an das eine Ende, so daß der Nordpol dieses Ende berührt, ferner ohne abzuheben zurück bis an das andere Ende, so daß der Südpol dieses Ende berührt, u. s. w. Zuletzt muß man den armirten Magnet in der Mitte des Stabs abheben.

C. G. Sjösteen's **Kreisstrich**. Aus den neuen Schwedischen Abh. 1802. 3. S. 191. in **Gilbert's** Annalen XVII. 3. S. 325.

Je stärker der streichende Magnet ist, desto weniger Striche sind ceteris paribus hinreichend, um einen eisernen Stab zu einem starken und dauerhaften Magnete zu machen.

Verstärkung zweier und mehrerer Magnete durch sich selbst, nämlich durch abwechselndes Streichen. **Knight's** große künstliche Magnete oder magnetische Magazine beschr. von **Fothergill** in den *philos. Transact.* LXV. Dess. künstliche Magnete aus einem Teig von sehr feinem Eisenmohr (d. i. schwach oxydirtem Eisen), Leinöl (und Wachs). **Wilson** in den *philos. transact.* LXIX. **Geblers** phys. Wörterb. III. S. 114. 115.

Wenn ein künstlicher Magnet in einem Stücke wie ein bewaffneter wirken soll, so giebt man dem Eisenstücke vor der Magnetisirung die Gestalt eines **Hufeisens**.

Es ist gewöhnlich und zweckmäßig den Nordpol zu bezeichnen.

§. 910.

Der Magnetismus in so bereiteten Magneten ist zwar desto dauerhafter, je stärker der Magnet war, mit dem sie gestrichen sind, und je mehreremale sie damit gestrichen sind, indessen werden sie doch

doch auch allmälig schwächer, indem die + M und — M sich allmälig wieder mit einander verbinden (§. 909). Man unterhält den Magnetismus länger, wenn man zwei Magnete parallel neben einander (in einiger Entfernung von einander) legt, so daß der **Nordpol des einen** neben dem **Südpole des andern** liegt, dann zwei kürzere eiserne Stäbe so an ihre Enden legt, daß je einer am Nordpole des einen und am Südpole des andern liegt. Auf diese Weise wird das + M jedes Magnets durch das — M des andern an seinem Pole **gebunden** und umgekehrt.

§. 911.

Hingegen **schwächt** es den Magnetismus eines Magnets, wenn einer seiner Pole von dem gleichnamigen Pole einen andern lange berührt wird. Ein sehr starker Magnet kann auf diese Weise die Polarität eines schwächern im Augenblick umkehren.

§. 912.

Magnetnadeln sind sehr schmale und leichte künstliche Magnete, dergestalt eingerichtet, daß sie um das Mittelpunct ihrer Axe sehr leicht beweglich sind. Man bedient sich derselben vorzüglich zur Bestimmung der Weltgegenden, dann auch, um Körper zu prüfen, ob sie Anziehung zum Magnete und Polarität haben oder nicht, indem man beobachtet, ob sie der Magnetnadel genähert dieselbe

aus

aus ihrer Lage bringen, und schließt jede, um sie vor der Nässe zu schützen, sodann auch den Wind von ihr abzuhalten, in eine Kapsel ein, so daß sie, mit einer Glasscheibe bedeckt, gesehen werden kann.

Die Magnetnadeln müssen aus vorzüglich gutem und wohlgehärteten Stahle gemacht werden, damit sie den Magnetismus lange behalten (§. 909).

Je länger sie sind, desto größer ist der Kreis, den sie bei der Bewegung um ihr Mittelpunct beschreiben, desto merklicher daher ihre Bewegung. Damit sie bei ansehnlicher Länge wenig Gewicht haben, macht man sie so dünn und schmal, als die nöthige Steifheit gestattet; zweckmäßig giebt man ihnen weniger Breite, als Höhe, damit sie die magnetische Axe so genau als möglich darstellen, (z. E. 8″ lang, 3‴ hoch, 1‴ breit,) und schärft die Enden, zum genauen zeigen, keilförmig zu. Uebrigens sind alle Hervorragungen, und daher ein pfeil- oder lilienförmiges Ende am Nordpole, zweckwidrig.

Man giebt ihnen den Magnetismus am besten so, daß man sie mit einer Hälfte auf das Nordpolende eines Magnets, mit der andern Hälfte auf das Südpolende eines andern Magnets legt, so daß beide Magnete in einer geraden Linie liegen, dann beide Magnete in dieser geraden Linie unter der in der Mitte fest gehaltenen Nadel wegzieht, und dieses wiederholt.

Um sie sehr beweglich zu stellen, giebt man ihnen in der Mitte ein nach unten konisch hohles Hütchen, von Messing, welches auf einer stählernen Spitze (§. 316) ruhet. Am besten ist der oberste Theil des Hütchens

von

von Agat. Die Stelle, auf welcher die Nadel ruhet, muß mit beiden Polen genau in einer geraden Linie liegen.

Chinesische Methode, die Nädel aufzustellen. Cavallo vom Magnet. S. 91. Ingenhouß's stählernes Röhrchen auf Oel schwimmend. Phys. med. Schriften übers. von Molitor. Wien 1784. I. S. 381.

Coulomb's Methode in Gren's Journal der Physik. II. 3. S. 348.

Wegen der Neigung der Magnetnadel muß die eine (südliche) Hälfte der Nadel ein Laufgewicht haben, damit diese der andern das Gleichgewicht halte.

Eine zweckmäßig zugerichtete eine Magnetnadel enthaltende Kapsel heißt eine **Boussole** oder ein **Compaß**. Unterscheidung dieser Benennungen.

§. 913.

Die Richtung der Magnetnadel nach den Weltgegenden (§. 889) erklären wir ganz natürlich, indem wir annehmen, daß im Innern der Erde ein großer Magnet liege, (oder die ganze Erde, die Rinde abgerechnet, ein Magnet sey,) dessen Axe von Norden nach Süden streicht, und der vermöge seiner Größe und Stärke durch die Erdrinde auf unsere Magnetnadeln wirke, so daß sie vermöge ihrer Polarität (§. 890) ihre Pole nach seinen Polen richten.

Wilh. Gilbert *de magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure physiologia nova.* Lond. 1600. fol.

Die

Die Rinde abgerechnet, denn in der Erdrinde giebt es kleinere Magnete, welche anders gerichtete Pole haben, und daher eine ihnen nahe kommende Magnetnadel aus ihrer Lage reissen. So die Felsenreihe auf dem Harze, zu welcher die Schnarcher gehören. J. R. Wächter über magnetische Granitfelsen auf dem Harze in Gilbert's Annalen. V. 4. S. 376.

Da der Nordpol eines Magnets den Südpol des andern zieht, und umgekehrt, so sollte der Pol, welchen unsere Magnetnadeln nach Norden kehren, eigentlich ein Südpol heissen.

Soll + M die Dehnkraft, — M die anziehende Kraft bezeichnen (§. 900), so hat wahrscheinlich der Nordpol der Erde — M, in so fern nach dem Nordpole zu mehr Land liegt, als nach dem Südpole zu, also die Krystallisation der Erde dort angefangen zu haben scheint (?) Dann muß der sogenannte Nordpol unserer Magnetnadeln mit + M bezeichnet werden.

§. 914.

Beobachtungen an der Magnetnadel lehren, daß eine Magnetnadel, in dem Puncte freischwebend aufgehangen, welches, ehe sie magnetisch wurde, ihr Schwerpunct war, in unserer nördlichen Hälfte der Erde ihren (sogenannten) Nordpol senke, desto mehr, je näher der Ort, an dem sie sich befindet, dem Nordpole liegt. Man nennt den Winkel, welchen sie mit der Horizontallinie macht, die **Neigung der Magnetnadel** (*Inclinatio* acus magneticae), und erklärt diese Erscheinung ganz natürlich aus der Anziehung des Nordpols der Nadel

(der

(der eigentlich Südpol heissen sollte) zum Nordpole des Erdmagnets, so wie die in der südlichen Hälfte erfolgende Senkung des Südpols aus der Anziehung des Südpols der Nadel (der eigentlich Nordpol heissen sollte) zum Südpole des Erdmagnets. Die Orte, in denen die Magnetnadel keinen von beiden Polen neigt, fallen nicht alle in den Aequator der Erde; die Linie, welche alle diese Orte enthält, und welche der **magnetische Aequator** heissen kann, schneidet wahrscheinlich den Erdäquator in zweien Puncten. Sie ist übrigens an einem und demselben Orte um etwas weniges veränderlich.

Neigungscompaß oder *Inclinatorium*. Der senkrechtstehende **Neigungsring**, in dessen Mittelpuncte die Nadel beweglich ist, muß genau in der Ebene des magnetischen Meridians (§. 915) liegen.

Der magnetische Aequator scheint, so viel die Beobachtungen bis izt ergeben, mit dem Erdäquator einen Winkel von 11° zu machen, und der westl. Knoten (Durchschnittspunct) in 140° westl. Länge von Paris zu liegen. **Alexander von Humboldt** fand den magnetischen Aequator in Peru in 7° 1′ südl. Breite. **Gilbert's** Annalen der Physik. XX. 3. S. 764. Nach seinen Beobachtungen (Ebend. VI. 2. S. 187.) ist die Neigung unter einerlei Parallelkreise gegen Westen viel größer, als gegen Osten.

A. von Humboldt und **Biot** über die Variationen des Magnetismus der Erde in verschiedenen Breiten, aus dem *Journal de physique*. LIX. p. 429. übers. von **Gilbert** in s. Annalen der Physik. XX. 3. S. 259.

Ein-

Einfluß dieser Neigung auf das Gleichgewicht stählerner Wagebalken. Studer in Gilbert's Annalen. XIII. 1. S. 122.

§. 915.

Eben diese Beobachtungen lehren, daß die Magnetnadel ihren sogenannten Nordpol nicht genau nach Norden wende, sondern nach Osten oder Westen (aus der Ebene des Meridians) um einen Winkel abweiche, den man die **Abweichung der Magnetnadel** (*Declinatio* acus magneticae) nennt. Eine senkrechte Ebene durch die Magnetnadel gelegt (**Abweichungsebene**) bestimmt den sogenannten **magnetischen Meridian**. Diese Abweichung ist an den verschiedenen **Orten** der Erde verschieden, auch an einem und demselben Orte.

Abweichungscompaß oder *Declinatorium*. **Georg Friedrich Brander** Beschr. eines magnetischen Declinatorii und Inclinatorii. Augsb. 1779. 8.

In Paris war

im Jahr	Abweichung	
1580	11° 30′	östlich
1640	3° 0	östlich
1670	1° 30′	westlich
1700	8 12′	westlich
1772	19° 51′	westlich
In London		
1580	11° 15′	östlich
1634	4° 5′	östlich
1672	2° 30	westlich
1774	21° 19	westlich

In

In ganz Europa ist seit mehr als hundert Jahren die Abweichung westlich, und hat seitdem im Ganzen immerfort zugenommen.

§. 916.

Neigung und Abweichung der Magnetnadel führen darauf, daß ein im Innern der Erde liegender Magnet nicht in der Axe, sondern von ihr entfernt und so liege, daß seine Axe die Erdaxe schneidet, und daß dieser Magnet gewisse Bewegungen erleide; oder vielleicht richtiger, daß die magnetische Axe der Erde ausser ihrer eigentlichen Axe, und nicht parallel mit ihr liege, und die Lage ihrer magnetischen Pole durch Processe im Innern der Erde sich ändere. (Für die bloß mathematische Betrachtung ist beides einerlei.)

Edm. Halley's Hypothese, daß die Erdkugel ein Magnet mit vier Polen sey. *Philos. transact.* N. 195. p. 563. Geblers phys. Wörterb. I. S. 24.

Tob. Mayer setzte (mit einer mathematischen Hypothese, welche er aus den zu seiner Zeit bekannten Daten der Neigung und Abweichung an verschiedenen Orten zog) ins Innere der Erde einen Magnet, im Verhältniß gegen die Erde unendlich klein, 120 Meilen vom Mittelpunct der Erde entfernt, nach dem Theile der Erdrinde zu, den das stille Meer bedeckt. Eine gerade Linie durch die Mittelpuncte der Erde und dieses Magnets schneidet die Erdfläche unter 17° nördl. Breite, 201° Länge (von der Insel Ferro). Die Axe desselben steht senkrecht auf dieser Linie und liegt in einer Ebene, welche mit der Ebene des Meridians, in welcher jene Durchschnitts-

schnittslinie liegt, einen Winkel von 11° 30′, für unsere Gegend nach Osten zu macht. Dieser Winkel wächst jährlich ungefähr um 8′15″. Der Magnet entfernt sich jährlich ungefähr um 0,001 des Erdhalbmessers von dem Mittelpunct der Erde; dadurch nimmt die Breite jenes Durchschnittspuncts jährlich um 14′, die Länge um 8′ ab. Er berechnete dann daraus die Neigung und Abweichung für verschiedene Orte. Es ist zu bewundern, wie nahe die Resultate seiner Berechnung mit der Erfahrung übereinstimmen. **Erxleben's** Anfangsgründe der Naturlehre von **Lichtenberg**. §. 709. Neue Data und Berechnungen s. in **Humboldt's** und **Biot's** oben angef. Abh.

Vassali's Magnete ohne Abweichung und Neigung. **Gilbert's** Annalen der Physik. III. 1. S. 116. Unvollkommen, wegen der Veränderlichkeit beider.

§. 917.

Ausser der Aenderung in der Abweichung, welche in langsam fortgehender Ab- und Zunahme besteht, giebt es noch eine periodische **tägliche** (magnetische **Schwingung**) welche darin besteht, daß die Abweichung der Nadel alle 24 Stunden eine Zeitlang allmälig (um einige Minuten zunimmt), dann wieder eine Zeitlang allmälig abnimmt. Auch die Neigung scheint einer solchen Veränderung unterworfen zu seyn.

Diese periodische Abweichung beobachtete zuerst **Graham** 1722. Nach **Canton** (*philos. transact.* Vol. LI. P. I. p. 398.) nahm 1756 und 1757 in London die westliche Abweichung von 8 bis 9 Uhr Morgens bis 1 oder 2 Uhr Nachmitt. zu; dann nach einigem Still-

stande

stande wieder ab. Nach John Macdonald (*Philos. transact.* 1796. p. 340. Gilbert's Annalen. III. 1. S. 121.) nahm 1794 und 1795 zu Fort Marlborough auf Sumatra die östliche Abweichung von 7 Uhr Morgens bis 5 Uhr Abends zu, dann bis 7 Uhr Morgens wieder ab.

Canton erklärt sie aus der Aenderung der Wärme (§. 908) in den verschiedenen Tageszeiten, womit es auch übereinstimmt, daß sie im Sommer stärker ist, als im Winter. Allein Alexander von Humboldt hat bei seinen Beobachtungen im span. Amerika entdeckt, daß die Abweichung täglich regelmäßig viermal ab- und zunehme (vier magnetische Ebben und Fluthen). Gehlens neues Journal der Chemie. V. 2. S. 232. Uebrigens wird diese tägliche Aenderung durch verschiedene Ursachen oft gestört.

Gustav. Gabr. Hällstroem resp. Snellmann *de variationibus declinationis magneticae diurnis.* Aboae 1803. Im Ausz. übers. in Gilberts Annalen. XIX. 3. S. 282.

§. 918.

Eine in der Ebene des magnetischen Meridians frei schwebende Nadel, aus der Lage, in welcher sie durch ihre natürliche Neigung hängt, zu einer kleineren Neigung sanft erhoben, so daß sie in derselben Ebene bleibt, sinkt vermöge der magnetischen Anziehung wieder in ihre natürliche Lage zurück, geht aber vermöge der Trägheit (§. 84) über dieselbe hinaus, kehrt wieder zurück, erhebt sich vermöge der Trägheit wieder über den Neigungs-

gungs-

gungswinkel, und schwingt auf diese Weise so, wie ein Pendel (§. 253). Was bei diesem die Schwere ist (§. 257), das ist bei der Magnetnadel die magnetische Anziehung.

Daher muß eine Magnetnadel auf diese Weise desto geschwinder schwingen, je größer die Intensität ihrer magnetischen Anziehung ist. Dieselbe Magnelnadel muß daher näher an den Polen der Erde geschwinder schwingen, als näher am Aequator der Erde. Alexander von Humboldt beobachtete, daß eine Nadel, die in Paris in 10 Minuten 245 Schwingungen machte, in Peru in der gleichen Zeit nur 211 machte. Gilbert's Annalen. XX. 3. S. 261.

Doch änderte die Neigung in einer Höhe von 1982 Toisen sich nicht. Biot's und Gay-Lussac's Luftreise beschr. im *Journal de phys.* LIX. übers. in Gilbert's Annalen. XX. 1. S. 24.

Saussure's Magnetometer (ein sehr leichtes Pendel mit einer kleinen eisernen Kugel am untern Ende), die verschiedene Stärke der magnetischen Anziehung in verschiedenen Gegenden der Erde zu bestimmen. *Voyage dans les alpes.* I. Neufchatel 1779. 4. p. 375. II. Genev. 1786. p. 343.

§. 919.

Eine frei schwebende Magnetnadel stellt sich nicht allein vermöge der auf ihre Pole wirkenden Anziehung (§. 913) genau in den magnetischen Meridian, sondern sie widersteht auch jeder Kraft, welche sie aus dieser Lage zu bringen strebt, desto stärker, je größer die Intensität der Anziehung ist: mit-

mithin wohl ebenfalls nahe an den Polen der Erde mehr, als nahe am Aequator der Erde.

Nach Coulomb (über den Magnetismus in Gren's Journal der Physik. II. 3. S. 298.) verhält die Kraft der Dehnung, welche nöthig ist, um eine Magnetnadel in irgend einer Entfernung von ihrem Meridiane zu erhalten, sich genau nach dem Sinus des Winkels, welchen die Richtung der Nadel mit ihrem Meridiane macht.

Coulomb's *Balance de torsion*. S. daselbst Taf. V. Fig. 2.

§. 920.

Vermöge des Magnetismus der Erde werden eiserne Stangen, wenn sie lange nach der Abweichung und Neigung der Magnetnadel gerichtet stehen oder hängen, leicht magnetisch. Der Magnetismus wird aber stärker und dauerhafter, wenn sie in dieser Stellung mit anderem (unmagnetischen) Eisen nach einer und derselben Richtung wiederhohlt gestrichen werden (§. 909).

Jenes Entstehen des Magnetismus durch Feilen, Ablöschen im kaltem Wasser (§. 907) erfolgt viel leichter und stärker, wenn die Längendimension des Eisenstücks dabei im magnetischen Meridiane liegt.

Antheaulme's Methode Magnete zu verfertigen. S. dess. *Mem. sur les aimans artificiels.* Paris 1760. Gehler's phys. Wörterb. III. S. 112.

§. 921.

Da in den Metallen überhaupt vorzügliche Dichte und Brennbarkeit mit einander verbunden

 sind,

sind, so mögten vielleicht auch **andere Metalle** des Magnetismus fähig seyn (§. 903). Neuere Untersuchungen haben diese Vermuthung bestätigt.

Oft rührt der Magnetismus anderer Metalle vom Eisengehalte her; es ist aber jezt erwiesen, daß gewisse Metalle, ganz ohne Eisengehalt, magnetisch werden können.

Nickel. Bergman *de niccolo.* §. 4. 5. *Opusc. phys. chem.* Upsal. 1780. 8. p. 240. „Magneti non tantum pertinaciter adhaerebat, sed etiam cuilibet *ferro*, immo frustula se invicem adhaerebant.“ **Klaproth** (Beitr. zur Kenntn. der Min. II. Berlin 1798. S. 142. 148) fand, daß seine aus dem Chrysopras hergestellten Nickelkörner sich alle an den Magnet hiengen. Indessen war man bisher im Zweifel, ob der Magnetismus des Nickels nicht vielleicht einem Eisengehalt zuzuschreiben sey, bis nun der leider zu früh für die Chemie verstorbene **J. B. Richter** gezeigt hat, daß der Magnetismus eine Eigenschaft des reinen Nickels sey. **Richter** über das absolut reine Nickel in **Gehlens** n. Journal für die Chemie. III. 3. S. 255. Auch **Thenard** eb. IV. 3. S. 287.

Kobolt. Auch solcher, der aus der feinsten Smalte (Koboltoxyd) hergestellt ist. **Kohl** in **Crell's** n. Entd. VII. S. 39. **Wenzel** hat aus reinem Koboltmetalle Magnetnadeln verfertigt. **J. Mayer's** Samml. phys. Aufsätze. III. Dresd. 1793. 8. S. 388.

Manganesium. Feine Körner desselben werden vom Magnet gezogen. Bergman *de mineris ferri albis.* §. 7. *Opusc.* II. p. 203. **Hielm** in **Crell's** chem. Annalen. 1787. I. S. 163.

Niccolan. Chromium (von **J. B. Richter** hergestellt). **Ritter** über den Magnetismus des Eisens, Nickels, Ko-

Kobalts, Niccolans und Chromiums in Gehlen's neuem Journal der Chemie. V. 4. S. 393.

Kupfer. Zink. Brugmanns in der unten angef. Schr. S. 161. Nach Cavallo S. 183 nicht.

Messing. Cavallo vom Magnet. S. 180. Nicht alles, vielleicht bloß das eisenhaltige.

Platina? Reine nach meinen Versuchen auf keine Weise.

Arsenik vertilgt (eingemischt) den Magnetismus des Nickels (Richter in Gehlen's n. Journal. III. S. 256.), schwächt auch gar sehr den des Eisens (Thenard ebend. IV. 3. S. 287).

§. 922.

Ja sie haben gelehrt, daß auch andere **nicht metallische Stoffe**, insbesondere der **Kohlenstoff**, dazu fähig sind.

Der gelbe aber auch der farbenlose **Demant** (reiner Kohlenstoff). Brugmanns *de affinitatibus magneticis obss. acad.* L. B. 1778. 4. übers. von Eschenbach. Leipz. 1781. 8. S. 293.

Nadeln aus **Holzkohlen**, nach der Länge der Holzfasern geschnitten. v. Arnim in Gilbert's Annalen. III. 1. S. 48.

Verschiedene **Steine**: Emaragd, Sapphir, Rubinspinell, Rubinbalais, Chrysolith, Granat, Quarz, Agat, Feldspath, Jaspis, Labradorstein, Asbest, Glimmer, Marmor. Brugmanns in der angef. Schr. Mehrere s. in L. A. von Arnim's Uebersicht der magnetischen nicht metallischen Stoffe in Gilbert's Annalen. V. 4. S. 384. Manche vielleicht bloß vermöge eines Eisen- (oder Chrominm-) gehalts? Ritter ebend. IV. 1. S. 29.

Alexander von Humboldt's merkwürdige Entdeckung magnetischer Polarität einer Gebirgskuppe von Serpentinstein (in der Oberpfalz) in Gren's Journal der Physik. IV. 1. S. 136. Das Gestein hat am nördlichen Abhange bloße Südpole, am südlichen Abhange bloße Nordpole. Aber nicht bloß das anstehende Gestein, sondern jedes noch so klein abgeschlagene Stück hat seine beiden Pole. Hingegen zeigt eben dieser Serpentinstein keine Spur von Anziehung gegen unmagnetisches Eisen. Das wenige Eisen, welches er enthält, befindet sich in einem höchst oxydirten Zustande (§. 903).

Zur Prüfung der Körper, ob sie vom Magnete gezogen werden, dienen äusserst bewegliche Magnetnadeln (§. 912), deren einem Pole man den Körper unter einem rechten Winkel nähert. **Cavallo** (S. 68) hieng sie durch Kork gesteckt an einer Kette auf, deren Glieder jedes aus einem Pferdhaare bestand. **Bennet** (*Phil. transact.* 1792. P. I. p. 81. Gren's Journ. der Phys. VII. 3. S. 356.) an einem Faden einer Kreuzspinne in einem Glaszylinder.

Ueber Cautelen bei diesen Versuchen, insbesondere in Ansehung der durch Erwärmung entstehenden Luftströme s. **Bennet** a. a. O.

§. 923.

Und endlich haben Coulomb's Versuche gezeigt, daß alle feste Körper in gewissem Grade mit Magnetismus begabt sind.

Coulomb's Versuche, welche beweisen, daß alle Körper, von welcher Art sie auch sind, von der Wirkung des Magneten afficirt werden, aus dem *Journal de Phys.* LIV. p. 367. 454. übers. in Gilbert's Annalen. XI. 3. S. 367.

S. 367. XII. 2. S. 194. Er giebt den zu prüfenden Körpern die Gestalt sehr feiner kylindrischer oder parallelepipedalischer Nadeln, 3''' lang, eine Drittheil-Linie dick, hängt sie an einem Faden Coconseide auf, und stellt zwei magnetische Stahlstäbe in gerader Linie mit den ungleichnamigen Polen so gegen einander, daß der Körper zwischen ihnen hängt. Der Erfolg ist, daß der Körper sich stets genau in die Richtung der Magnetstäbe setzt. Die Versuche sind von ihm angestellt mit **Gold, Silber, Kupfer, Blei, Zinn, Glas, Kreide, Knochen, Hölzern** ꝛc. Seine Versuche gehen auch darauf aus, den Antheil, welchen bei einigen Stoffen der Eisengehalt hat, von dem allgemeinen Magnetismus zu unterscheiden.

§. 924.

Man muß bei diesen Untersuchungen wohl unterscheiden: 1) die Körper, welche vom Magnete gezogen werden, aber selbst noch keine Polarität haben, so daß sie den einen Pol des Magnets, wie den andern ziehen und die, welche selbst Polarität haben, so daß sie an jedem Ende den einen Pol ziehen, den andern abstoßen; 2) die Körper, welche nicht nur vom Magnet gezogen werden, sondern auch unmagnetisches Eisen ziehen, von denen, welche das erstere, aber das leztere nicht thun.

Körper in Rücksicht auf ihre schon vorhandene Polarität zu prüfen, muß man nicht starke Magnete anwenden, weil diese die Polarität eines schwachen Magnets bei Annäherung der gleichnamigen Pole umkehren können.

Alles Eisen, das nicht zu stark oxydirt ist, wird vom Magnet gezogen, aber nicht alles Eisen hat schon selbst Po-

Polarität. Indessen findet man bei genauerer Untersuchung, daß manche Eisenerze, die man nicht für magnetisch hält, dennoch schwache Polarität zeigen, wenn man sie an schwache Magnete bringt. Hauy im *Bulletin des sciences.* An. V. N. 5. p. 34. Gilbert's Annalen. III. 1. S. 113.

§. 925.

Da das Eisen zugleich des stärksten Magnetismus fähig ist, und die stärkste Cohäsion hat; da auch diejenigen Metalle, welche nächst dem Eisen des stärksten Magnetismus fähig sind, starke Cohäsion haben; und da auch der Demant, der härteste aller Stoffe, des Magnetismus fähig ist, so führt dieses auf ein bestimmtes **Verhältniß des Magnetismus zur Cohäsion**. Damit stimmt es auch überein, daß die Wärme die magnetische Anziehung schwächt (§. 908), und daß Arsenik durch seine Einmischung den Magnetismus des Eisens und Nickels vertilgt (§. 921).

Joh. Wilh. Ritter über die Cohäsion und über den Zusammenhang derselben mit dem Magnetismus. In Gilbert's Annalen der Physik IV. 1. S. 1. **L. A. von Arnim** Ideen zu einer Theorie des Magneten. Ebend. III. 1. S. 84. VIII. 1. S. 99.

Vermehrung der Fähigkeit eiserner Dräthe zum Magnetismus durch Drehen. **Coulomb** in den *Mem. de l'ac. de Paris.* 1784. p. 266. **Arnim** in Gilbert's Annalen. VIII. 1. S. 99.

Mäßig gehärteter Stahl hat mehr Cohäsion als zu stark gehärteter, der davon spröde wird: und zu starkes Härten schadet auch dem Magnetismus.

Da der reinste Kohlenstoff (Demant) selbst magnetisch ist, Stahl aber, welcher stärker und dauerhafter magnetisch wird, als Schmiedeeisen, Kohlenstoff enthält, so weiset dieses wieder auf ein Verhältniß des Kohlenstoffes zum Magnetismus. S. L. A. von Arnim Ideen zu einer Theorie des Magneten in Gilbert's Annalen. III. 1. S. 48. Zwar ist das Roheisen, welches weit mehr Kohlenstoff, als Stahl, enthält, viel weniger zum Magnetismus fähig; allein es ist dagegen nicht vollkommen genug metallisch, und vielleicht kommt es auch auf ein bestimmtes Verhältniß des Kohlenstoffes an.

Gegensatz des **Kohlenstoffs** und **Sauerstoffs** im Magnet nach von **Arnim** (a. a. O. S. 59.), des **Kohlenstoffs** und **Salpeterstoffs** nach **Heinrich Steffens** (Beitr. zur innern Nat. Gesch. der Erde. Freiberg. 1801. 8.).

§. 926.

Dieses giebt eine neue Ansicht der **Cohäsion** fester Körper (§. 168) und ihrer Entstehung, der **Krystallisation** (§. 171). Im flüssigen (§. 167) ist Indifferenz der Form: alle Theilchen ziehen einander nach allen Richtungen gleichmäßig an. Wie aber das flüssige fest wird, so gerathen beide Grundkräfte (§. 119. 120) in Gegensatz: indem ein Theil der Dehnkraft sich entbindet (§. 738. 755), erfolgt durch ihre Trennung von der anziehenden Kraft in jedem Theilchen, in welchem diese geschieht, Bewegung in gerader Linie, und es entsteht ein festes Theilchen als ein kleiner Magnet (§. 900). Dieses bestimmt durch seine Polarität die Lage des

zu-

zunächst an ihm entstehenden festen Theilchens (§. 890) und so erfolgt durch Anziehung in bestimmter Richtung die Bildung in bestimmter Gestalt. Die dadurch entstandene Festigkeit unterscheidet sich dann von der Flüssigkeit nicht bloß durch den höheren Grad der Cohäsion, sondern durch den Magnetismus der festen Theilchen, vermöge dessen der + Pol jedes Theilchens mit dem — Pole des nächstanliegenden Theilchens verbunden ist. Je grösser die entstandene Differenz des + und — in einem Körper ist, desto stärker wird dann auch eben dieser Magnetismus, und desto stärker die davon abhängende Cohäsion der Festigkeit seyn (§. 893).

Die Länge kann in der Natur nur unter der Form des Magnetismus existiren, oder: der Magnetismus ist das Bedingende der Länge in der Construction der Materie. Schelling's allg. Deduction des dynamischen Processes in s. Zeitschrift für speculative Physik. I. 1. S. 112.

Freilich kommt man auch mit dieser Ansicht in der Erklärung der Entstehung von Würfeln, Pyramiden, Tetraedern ɾc. so leicht nicht durch. Vielleicht wirken dabei zwei oder mehrere Magnetismen zugleich, so wie die Richtung einer Magnetnadel durch zwei zugleich auf sie wirkende feste Magnete bestimmt werden kann.

* * *

Petri van Musschenbroek *diss. de magnete* in dess. *diss. phys. et geom.* Lugd. Bat. 1720. 4. I. Tiberius Cavallo *treatise on the magnetism.* London. 1787. 8. Uebers. Leipzig. 1788. 8.

Vier-

Vierzehntes Kapitel.

Von der Elektricität.

§. 927.

An einer Art Erdharz, welche gemeiniglich Bernstein (Ἤλεκτρον, *Electrum*, *Succinum*) genannt wird, hat man schon lange die merkwürdige Eigenschaft gekannt, wenn er (an wollenem Tuche) gerieben worden, allerlei leichte Körperchen, denen er genähert wird, an sich zu ziehen. Man hat nach und nach gefunden, daß mancherlei andere Körper von verschiedenem Stoffe, Harze, (so auch Siegellack,) Schwefel, Glas, Seide, ꝛc.) eben diese Eigenschaft haben: wiederholte Beobachtungen haben gelehrt, daß diese Körper, wenn sie gerieben werden, in einen ausserordentlichen, gleichsam gezwungenen, Zustand gerathen, in welchem sie vorher nicht waren, und den sie leicht wieder verlieren: daß sie in diesem Zustande andere Körper anziehen, oder von ihnen angezogen werden, oft nachher sie wieder abstoßen, oder von ihnen abgestoßen werden; bei der Annäherung anderer Körper mit knisterndem Geräusche Funken ähnliches Licht, geben; unserer Haut genähert, auf derselben ein Gefühl, wie von Spinnewebe, der Nase genähert einen gewissen (phosphorähnlichen) Geruch bewirken ꝛc. ꝛc. Man nennt die Körper in diesem Zustande vom griechischen Namen

des

des Bernsteins elektrisirt, und ihren ausserordentlichen Zustand die Elektricität.

Die Eigenschaft des **Bernsteins**, und eines andern Körpers, des **Lynkurers** (Turmalin's?), leichte Körperchen an sich zu ziehen, war schon 300 Jahre vor Chr. G. dem **Theophrastus Eresius** (περι λιθων. c. 53.) bekannt. Aber nicht nur **Plinius** (*hist. nat.* XXXVII. 3.), im ersten Jahrh. nach Chr. G. kannte von der Elektricität noch weiter nichts, sondern es hat bis zu dem für die Physik so fruchtbar gewordenen 17ten Jahrhunderte gedauert, bis man sich um dieselbe genauer bekümmert hat. **William Gilbert, Otto von Guerike, Robert Boyle, Isaac Newton**, legten den Grund zu der Lehre von der Elektricität, welche denn im 18ten Jahrhunderte, zumal durch die Erfindung der Leidener Flasche, immer mehr erweitert und berichtigt wurde. Sie blieb aber noch immer sehr mangelhaft und die darüber angestellten Versuche waren nicht viel mehr, als physikalische Spielwerke, bis **Benj. Franklin** die Luftelektricität genauer erforschte, die elektrische Beschaffenheit des Blitzes erwies, und die erste brauchbare Theorie der Elektricität entwarf, dann **J. C. Wilke** und **Alexander Volta** das Gesetz der Vertheilung entdeckten, welches erst die so lange räthselhaft gebliebenen Erscheinungen aufgeklärt hat. Endlich ist durch **Volta** und die neuesten Physiker, insbesondere durch **J. W. Ritter**, die Lehre von der E. mit der Chemie in engere Verbindung getreten, und hat zur besseren Kenntniß der Meteorologie und Physiologie des Organismus den Weg gebahnt.

§. 928.

§. 928.

Die nächste Ursache dieses Zustandes zu erforschen, ist ein Problem der Naturlehre, das wir erst dann betrachten können, nachdem wir uns die Gesetze bekannt gemacht haben, nach denen die Erscheinungen der Elektricität erfolgen. Entfernte Ursachen, welche in einem Körper **ursprüngliche Elektricität** erregen, sind mehrere: die **Erwärmung** (§. 696), das **Reiben** (§. 309), die **Krystallisation** (§. 171) und die **Gaserzeugung** (§. 755), die genaue **Berührung** (§. 162) verschiedener Körper (d. h. von verschiedenem Stoffe) mit einander.

§. 929.

Es kann aber die in einem Körper erregte ursprüngliche Elektricität einem andern Körper **mitgetheilt**, in diesen gleichsam **fortgeleitet** werden, wenn dieser jenen berührt, oder auch nur ihm hinlänglich nahe kommt. Ein Körper, welcher auf diese Weise von einem elektrisirten Körper mitgetheilte E. erhalten hat, kann dieselbe wieder einem andern mittheilen, und so kann die E. durch eine lange Reihe mehrerer Körper fortgeleitet werden. Uebrigens zeigt diese **mitgetheilte E.** dieselben Erscheinungen, als die ursprüngliche.

§. 930.

Wenn man die verschiedenen Stoffe (§. 53) in Rücksicht auf Elektricität mit einander vergleicht, so zeigt

zeigt sich fürs erste der wichtige Unterschied, daß einige derselben die E. leiten, andere nicht. Darauf gründet sich die Eintheilung derselben in **Leiter** (*Conductores* electricitatis, *Corpora conducentia, symperielectrica*) und **Nichtleiter**.

1) Wenn ein noch nicht elektrisirter **Leiter** in irgend einem Puncte seiner Oberfläche elektrisirt wird, so ist dadurch der ganze Körper elektrisirt; bei einem **Nichtleiter** hingegen unter dieser Bedingung nur die berührte (oder bei Mittheilung in der Entfernung die zunächst liegende) Stelle.

2) Wenn ein elektrisirter **Leiter** in irgend einem Puncte seiner Oberfläche von einem anderen (nicht elektrisirten) Leiter berührt wird, so verliert er dadurch in allen seinen Theilen von seiner E. gleichmäßig, nach Verhältniß der Größe des anderen Leiters: ein **Nichtleiter** verliert unter dieser Bedingung seine E. nur von der berührten Stelle; und wenn ein e. Leiter in irgend einem Puncte seiner Oberfläche von einem **Nichtleiter** berührt wird, so verliert er nur so viel, als die berührende Stelle des Nichtleiters annehmen kann.

3) Wenn ein e. Leiter von einem andern (nicht elektrisirten) **Leiter** berührt wird, welcher mit dem Erdboden in Verbindung steht, so verliert er seine E. ganz und gar; wenn aber ein e. Leiter von einem (nicht elektrisirten) **Nichtleiter** berührt wird, welcher mit dem Erdboden in Verbindung steht, so verliert er auch nur so viel, als die berührende Stelle des Nichtleiters annehmen kann; und es ist eben so gut, als ob der Nichtleiter mit dem Erdboden nicht in Verbindung stände.

§. 931.

§. 931.

Vorzügliche Leiter der E. sind die **Metalle**, so daß, wenn die Fortleitung der E. ein Metall findet, sie allemal durch dieses geht. Ferner **Wasser**, sowohl im liquiden als im Dunstzustande, wiewohl es auf andere Weise, als die Metalle, zu leiten scheint. Eben so gut, wenn nicht noch stärker als Metall, leitet der **lebende thierische Körper** im Ganzen; vorzüglich aber, ausser den thierischen Säften, (die auch schon vermöge ihres Wassers leiten,) das Nerven- und Fleischsystem. Auch **todte thierische Theile** leiten, desto besser, je feuchter sie sind, doch auch trockne, die unten (§. 932. 934) genannten ausgenommen. **Lebende Pflanzen** viel weniger, als lebende Thiere. Auch **todte Pflanzentheile** leiten: **Holz**, selbst ziemlich trocken, doch dann viel schwächer als Metall; durch Ofenhitze ausgedörret wird es ein Nichtleiter. **Holzkohle**, auch thierische Kohle, leitet, mehr in ihrem gewöhnlichen Zustande, als wenn ihr durch Ausglühen die aus der Luft gezogene Feuchtigkeit genommen ist. **Rauch** und **Flamme** von brennendem Holz, auch von fetten Oelen. Die meisten **Steine** leiten, vorzüglich die minder harten Thonsteine, weniger die härteren Thon- und Kieselsteine, noch weniger die (obwohl nicht härteren) Kalksteine. Die festen **Salze**, wenigstens alle auf dem nassen Wege krystallisirte.

Nicht nur die bloßen Metalle leiten, sondern auch diejenigen **Erze** derselben, welche das Metall im metallischen

(nicht

(nicht oxydirten) Zustande erhalten. Unter den verschiedenen Metallen leitet Kupfer besser als Eisen (ist daher zu Blitzableitern tauglicher). Van Marum's Beschreibung einer großen Elektrisirmaschine. 1 Forts. S. 34. Cavallo (von der Elektricität) S. 13. ordnet die Metalle als Leiter der E. so: Gold, Silber, Kupfer, Messing, Eisen, Zinn, Quecksilber, Blei.

Vermöge des Wassers leiten auch alle Wasser enthaltende Stoffe: alle Salzlaugen, Weingeist, Naphtha, frisches Holz, feuchte Luft, feuchter Erdboden.

§. 932.

Vorzügliche Nichtleiter sind gewisse brennbare Stoffe: Harze, vegetabilische und Erdharze, unter den erstern vorzüglich Copal, Colophonium, sogenanntes Gummilak, auch Pech, unter den leztern vorzüglich der sogenannte Bernstein; Schwefel; aber auch Glas, obwohl es jenen gewissermaassen entgegengesetzt ist, und das dem Glase gewissermaassen ähnliche Porcellan. Vulcanische Steine. Einige andere harte Steine, vorzüglich die Edelsteine (sehr harte durchsichtige Steine). Unter den thierischen Stoffen Seide, auch Haar, daher die rauhe Seite des Pelzwerks; Federn. Auch der Zucker im recht ausgedörrten Zustande. Oele, hinlänglich entwässert, Wachs. Im Ofen gedörrtes Holz. Asche. Metalloxyde.

Unter den minder harten Steinen auch der Phosphorit oder Apatit (*Calx phosphorica*). Hansen im Bergmänn. Journal. 1790. S. 254.

Glas

Glas an sich selbst ist im allgemeinen ein eben so guter Nichtleiter, als Harz. Man findet aber nicht alles Glas gleich gut nichtleitend, obwohl es noch zu untersuchen ist, wovon der Unterschied abhänge, und einige haben gefunden, daß dasselbe Glas beim Gebrauche sich anfangs als ein schlechter Nichtleiter zeigte, nachher besser wurde, und umgekehrt.

Der Demant (reiner Kohlenstoff) ist nach Comus (*Descr. methodique des mineraux* par le Prince de Gallizin Helmst. 1793. p. 192.) ein Leiter; nach Guyton (Scherer's allg. Journal der Chemie I. 3. S. 297.) ein schlechter Leiter; nach Alex. von Humboldt (Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. I. Berl. 1797. S. 437) hingegen ein Nichtleiter.

§. 933.

Die atmosphärische **Luft** (in gewöhnlicher Dichtigkeit, dann hinlänglich trocken) ist ein Nichtleiter. Auch **andere Luftarten**, Lebensluft, brennbares Gas, kohlensaures Gas, rc. und wahrscheinlich alle.

Nur dadurch, daß die gemeine Luft ein Nichtleiter ist, werden die natürlichen Erscheinungen der Elektricität in unserer Atmosphäre, so auch unsere elektrischen Experimente, möglich. Die gemeine Luft ist aber meist ein sehr unvollkommener Nichtleiter, theils wegen feuchten Dunstes, theils wegen Staubes von leitenden Stoffen.

§. 934.

Eigentlich ist keiner der noch bekannten Stoffe ein **vollkommener Nichtleiter**. Die besten Nichtleiter, welche wir kennen, leiten bei einem hohen Gra-

Grade von auf sie wirkender Elektricität einen kleinen Theil derselben, wie die Leiter, ab. Doch sind die vorzüglichen Leiter und die vorzüglichen Nichtleiter leicht von einander zu unterscheiden, allein die schlechteren Leiter und schlechteren Nichtleiter laufen so in einander, daß eine genaue Gränzlinie zwischen beiden sich kaum ziehen läßt. Man pflegt diejenigen Stoffe, welche sehr unvollkommen leiten, **Halbleiter** zu nennen.

Von dieser Art sind: sehr **trocknes** (doch nicht im Ofen gedörrtes) **Holz, Baumwolle, Flachs, Hanf, Papier** (sehr trockenes ist fast Nichtleiter), sehr trockne **Knochenmasse, Elfenbein, Marmor, Alabaster,** die meisten **härteren Steine** ausser den Edelsteinen, Chalcedon, Agat ꝛc.

§. 935.

Man **prüft** einen Stoff, ob er ein Leiter sey, oder nicht, auf verschiedene Weise. Vorzüglich 1) so, daß man einen daraus bestehenden Körper A isolirt zwischen den geriebenen Körper einer wirkenden E. Maschine und einen isolirten Leiter B stellt und darauf achtet, ob B Elektricität **erhält oder nicht**, 2) so daß man den isolirten Leiter B mit der wirkenden Maschine in Verbindung bringt, den Körper A an B legt und nun darauf achtet, ob B seine E. **verliert oder nicht.**

Bei der geladenen Flasche kann man einen Stoff auch so prüfen, daß man einen aus ihm bestehenden Körper in die Entladungskette bringt und darauf achtet, ob die Ent=

Entladung dabei geschieht oder nicht. S. unten: Kleistische Flasche.

§. 936.

Ein Körper mit lauter Nichtleitern der E. umgeben, heißt isolirt; ein Nichtleiter in dieser Rücksicht ein Isolator. In einem Nichtleiter sind alle Theile durch die andern isolirt, ausgenommen diejenigen auf der Oberfläche, welche einen Leiter berühren.

Die besten Nichtleiter sind Glas, Harz und Seide (§. 932). Da die Luft ein Nichtleiter ist, so ist ein Leiter isolirt, wenn er auf Glassäulen steht, auf einem Harzkuchen liegt, in seidnen Schnüren hängt rc. Glas isolirt an sich selbst eben so gut als Harz; nur zieht es, zumal in etwas niedriger Temperatur, die als Dunst in der Luft schwebende Feuchtigkeit viel leichter an: daher muß man Glassäulen mit einem harzigen Firniß überziehen, hohle stark erhitzen und dann mit geschmolzenem Harz ausfüllen. Auch Seide isolirt sehr gut, wenn sie durch Erwärmung recht ausgetrocknet ist.

§. 937.

Ob ein Körper die E. leitet oder nicht, das hängt ausser seiner eigenthümlichen materiellen Beschaffenheit zugleich von seiner Wärme, und von seiner Festigkeit oder Flüssigkeit ab. Glas wird glühend ein Leiter; geschmolzenes Pech leitet. Eis ist ein Nichtleiter. Auch die Luft wird bei großer Hitze einigermassen leitend. Ausserdem werden die besten Nichtleiter leitend, sobald sie feucht werden (§. 931). Luft wird schon durch Verdünnung leitend.

Ein den elektrischen Experimenten höchst feindlicher Leiter ist feuchter Dunst in der die Werkzeuge umgebenden Luft verbreitet.

Eis hingegen ist in hinlänglich niedriger Temperatur (— 20° Reaum.) ein Nichtleiter; daher kann es durch Reiben elektrisch werden, wenn die Kälte groß genug ist, um die Erwärmung vom Reiben aufzuheben. **Franz Carl Achard** von der Elektricität des Eises in s. physs. chem. Schriften. Berlin 1780. 8. S. 18.

§. 938.

Ferner von seiner **Gestalt**. Wenn zwei Körper (Scheiben, Teller,) mit **breiten** und **glatten** Flächen, welche einander parallel, (also entweder ganz eben, oder die eine convex, die andere in ähnlicher Krümmung concav,) sind, einander genähert werden, so erfolgt doch nicht leicht eine Mittheilung. Wenn unter dieser Bedingung einer der Körper ein Nichtleiter ist, so kann der Leiter dicht an ihn angelegt werden, ohne daß Mittheilung erfolgt. Hingegen erfolgt sie leicht, wenn länglichte Körper einander mit ihren Enden, (also mit Flächen, die nach Verhältniß der Länge klein sind,) berühren; auch bei Körpern von allerlei Gestalt, wenn sie einander **Hervorragungen** zuwenden. Bei diesen erfolgt sie schon in beträchtlicher Entfernung.

§. 939.

Vorzüglich befördern **Spitzen** (länglichte zugespitzte Hervorragungen) die Mittheilung, sie mögen

gen nun an demjenigen Körper seyn, welcher die Elektricität abgiebt, oder an dem, welcher sie empfängt. Sie leiten schon in grösserer Entfernung, schon bei geringerem Grade der E., anhaltend und langsam. Kuglichte Hervorragungen (Knöpfe) hingegen leiten erst in kleinerer Entfernung, und stoßweise, so oft die E. einen gewissen höheren Grad erreicht.

Wenn ein isolirter Leiter Spitzen hat, so verliert er durch diese von seiner E. schon an die umgebende Luft. Wenn ihm immerfort E. zugeführt wird, so zeigt sich die Mittheilung an die umgebende Luft, als ob etwas aus den Spitzen ausströmte: man sieht Licht aus den Spitzen fahren, und fühlt nahe an ihnen einen sanften von ihnen ausgehenden Wind.

Das elektrische Flugrad. Ein sehr leichtes und leicht bewegliches Kreuz, dessen vier Speichen an den Enden sich rechtwinklicht seitwärts nach einer Seite hin krümmen, auf einer senkrechten Axe wagerecht umlaufend. Es bewegt sich, wie das Segnerische Wasserrad, wenn es, auf einem Harzkuchen stehend, an einer E.-Maschine anhaltend elektrisirt wird.

§. 940.

Ausserdem auch von der Größe seiner Oberfläche. Wenn ein elektrisirter Leiter einen nicht elektrisirten berührt, so erfolgt, bei gleichem Stoffe und ähnlicher Gestalt beider, die Mittheilung nach Verhältniß der Oberflächen.

Daher schwächt ein kleiner isolirter Leiter (Metallstab mit einem Glasfuße), der nicht elektrisirt ist, einen großen elektrisirten und isolirten Leiter berührend, diesen nur we-

wenig; hingegen ein Leiter, der mit der Erde in leitender Verbindung steht, kann auf diese Weise die stärksten Elektricitäten tilgen, (eigentlich auf ein nicht mehr merkliches minimum mindern,) die es an einzelnen Körpern auf der Oberfläche der Erde oder in der Atmosphäre geben kann.

Bei gleicher Größe der Oberfläche nimmt ein länglichter nicht e. Leiter einem elektrisirten mehr ab, als einer, dessen Dimensionen fast gleich sind.

Nach **Coulomb** hat die Verschiedenheit des Stoffs keinen Einfluß auf die Gleichmäßigkeit der Mittheilung. Gren's neues Journ. der Phys. III. 1. S. 59.

§. 941.

Alle feste Körper, welche als **Nichtleiter** der E. bekannt sind, erhalten ursprüngliche Elektricität (§. 928), wenn sie gerieben werden, und werden daher **idioelektrische**, auch wohl bloß **elektrische**, Körper genannt. Bei dem **Reiben** wirken allemal zwei Körper auf einander; jeder von beiden ist reibend und gerieben zugleich. Indessen pflegt man, wenn beide von verschiedener Art sind, den einen, welcher in jedem Falle der vorzügliche Gegenstand der Beobachtung ist, den **geriebenen Körper**, und den anderen das **Reibezeug** zu nennen.

Wenn bei der Erregung der E. durch Reiben einer der beiden an einander geriebenen Körper ein Leiter und der andere ein Nichtleiter ist, so heißt allemal der Leiter das Reibezeug.

§. 942.

§. 942.

Indessen unterscheiden die Nichtleiter sich nicht dadurch von den Leitern, daß nur jene durch Reiben elektrisirt werden, sondern dadurch, daß sie sich selbst isoliren, und mithin die in ihnen entstandne Elektricität behalten und zeigen können. Auch Leiter werden durch Reiben elektrisirt, und heissen daher irrig **unelektrisch** (*anelectrica*), aber sie müssen, damit sie ihre E. behalten und zeigen können, isolirt seyn. Indessen ist nicht zu leugnen, daß unter übrigens gleichen Umständen doch die Leiter durch Reiben schwächere E. erhalten, als die Nichtleiter, so wie sie hingegen die Erscheinungen, welche von der Mittheilung abhängen, viel stärker als Nichtleiter zeigen und daher ganz schicklich *Corpora symperielectrica* heißen.

Herbert (*theoria phaenomenorum electricitatis.* Vienn. 1778. 4.) zeigte zuerst, daß auch Leiter (Metalle) durch Reiben elektrisirt werden; neuerlich Hauy (*Annales du museum d'hist. nat.* N. 17. Tom. 3. p. 309.)

§. 943.

Bei der Erregung der ursprünglichen E. durch Reiben zeigt sich eine sehr wichtige Verschiedenheit. Sowohl Glas als Harz werden elektrisch, wenn sie gerieben werden, allein beider E. zeigen sich gewissermaassen als einander entgegengesetzt. Man unterscheidet sie daher unter den Namen: **Glaselektricität** und **Harzelektricität**.

Die

Diese Unterscheidung machte zuerst du Fay (*Quatriéme Memoire sur l'electricité* in den *Mem. de l'ac. des sc. de Paris* 1733. p. 617). Die Folge wird lehren, daß es nicht bloß auf den Stoff des geriebenen Körpers, sondern auch auf den des Reibezeugs ankomme. Was wir nach du Fay **Glaselektricität** nennen, das ist diejenige, welche glattes Glas erhält, wenn es mit der trocknen Hand, unbehaartem Leder ꝛc., was wir **Harzelektricität** nennen, diejenige, welche Harz erhält, wenn es mit Pelzwerk gerieben wird.

Wenn ein Körper, der die Glaselektricität hat, und ein anderer, der die Harzelektricität hat, einander nur nahe kommen, so wird schon die eine **durch die andere geschwächt**; wenn sie einander berühren, so **heben** beide Elektricitäten **einander auf**. (Doch nur dann ganz, wenn sie gleich stark sind. Ist eine von beiden stärker, so bleibt von dieser etwas übrig.)

Geriebenes **Glas** und geriebenes **Harz** ziehen einander an; geriebenes Glas und geriebenes Glas stoßen einander ab; geriebenes Harz und geriebenes Harz stoßen einander ab. (Man zeigt es an Glas- und Harzstangen, (Siegellack kann bequem angewandt werden,) welche an seidenen Fäden isolirt aufgehangen sind.)

Ein an einem seidenen Faden hängendes Kügelchen von Kork oder Holundermark wird von einer geriebenen Glasstange erst angezogen, dann abgestoßen, aber nun von einer geriebenen Harzstange (oder einem gepeitschten Harzelektrophor) angezogen. Eben so wird es von geriebenem Harz erst angezogen, dann abgestoßen, aber nun von geriebenem Glase angezogen.

Zwei Strohhalme, mittelst Häkchen und eines Drathrings an einer Metallstange (Conductor) hängend, stoßen

sen einander ab und divergiren daher, wenn man derselben Glas-E. giebt; eben so, wenn man ihr Harz-E. giebt. Nähert man aber, indem sie von der Glas-E. noch divergiren, der Metallstange geriebenes Harz, so wird ihre Divergenz gemindert und bei hinlänglicher Stärke der Harz-E. gar aufgehoben.

§. 944.

Offenbar wirken hier auf ähnliche Weise, wie bei dem Magnetismus, zwei Kräfte einander entgegen. Wir können daher dieselben, da eine die andere mindert, und da sie einander aufheben, wenn sie gleich stark sind, ohne alle Rücksicht auf eine Hypothese, um zweckmäßig und bequem von ihnen reden zu können, mit + E und — E bezeichnen. Da Franklin die Glaselektricität mit dem Namen der positiven, die Harzelektricität mit dem Namen der negativen bezeichnet hat, so hat man die bei der Glaselektricität wirkende Kraft + E, die bei der Harzelektricität wirkende — E genannt, welches füglich beibehalten werden kann, wenn auch das — E selbst etwas positives seyn sollte.

§. 945.

Für diese beide Kräfte abstrahiren wir aus der Erfahrung das Gesetz:

+ E und — E ziehen einander an;
+ E und + E stoßen einander ab;
— E und — E stoßen einander ab.

oder: ungleichnamige E ziehen einander an;

gleich-

gleichnamige stoßen einander ab. Jede dieser beiden strebt, sich mit der entgegengesetzten zu vereinigen und hingegen duldet jede von beiden die ihr gleiche nicht in ihrer Nähe.

§. 946.

In Rücksicht auf Elektricität heißt ein Körper, welcher eine dieser beiden Elektricitäten hat, **different**; ein solcher, in welchem keine von beiden Statt findet, **indifferent**. Eben so nennen wir den Zustand in Rücksicht auf E. bei jenem (elektrische) **Differenz**, bei diesem **Indifferenz**.

§. 947.

Wir finden diese Verschiedenheit der Elektricität auch da, wo (nicht durch Reiben, sondern) durch andere entfernte Ursachen Elektricität entsteht. Wenn geschmolzene Körper durch Abkühlung wieder **fest werden**, so erhalten sie — E; wenn sie verdunsten, oder zu **Gas werden**, so erhalten sie + E (?).

So zeigen wenigstens einige Erfahrungen. Schwefel in einem gläsernen Gefäße geschmolzen, dann abgekühlt, erhält — E das Glas + E. Wenn Wasser auf glühende Kohlen gegossen wird, die in einem gläsernen Gefäße liegen, so zeigt das Gefäß — E, der entstandene Wasserdunst oder vielmehr das entstandene kohlensaure und brennbare Gas hat also + E (?) Wenn aus Wasser mit Hülfe der Schwefelsäure und des Zinks brennbares Gas in einem gläsernen Gefäße entbunden wird,

so

so zeigt das Gefäß —E, das entstandene brennbare Gas hat also +E (?) Schade für unseren Wunsch, die Theorie der E. aufzuklären, daß die Erfahrungen hier, (wo es zu Entdeckung der schwachen Elektricitäten des Condensator's ꝛc. bedarf,) so schwierig und theils so verschieden sind. S. Aepinus von der Aehnl. der elektr. und magnet. Kraft. Ueb. Grätz 1771. S. 18. Volta's meteorolog. Briefe. Ueb. Lpz. 1793. I. S. 257. Joseph Gardinii *diss. de electrici ignis natura.* Mant. 1792. 4. p. 124. Lavoisier und de la Place über die E., welche die Körper absorbiren, wenn sie zu Dämpfen werden, aus den *Mem. de l'ac. de Paris.* 1781. übers. in Lavoisier's Schriften von Link. IV. Greifsw. 1792. S. 59. Cavallo von der Elektricität. Ueb. von Baumann Leipzig 1797. II. S. 159. fgg.

Elektricität der in zinnernen Kapseln abgekühlten Chocolate, auch neuerlich wieder beobachtet von Bänger in Gilbert's Ann. XXXIII. 2. S. 230.

§. 948.

Vorzüglich merkwürdig in Rücksicht auf E. ist die Eigenschaft des **Turmalins**, eines harten zum Schörlgeschlecht gehörenden Steines, welcher durch schnelles Erwärmen oder schnelles Abkühlen elektrisirt wird.

Seine Elektricität, die er dadurch erhält, hat mit dem Magnetismus eine auffallende Aehnlichkeit. Er erhält nämlich an zweien nach der Richtung seiner Fasern einander entgegengesetzten Puncten, die man seine Pole nennen kann, (und deren Lage von seinem natürlichen Bau, nicht vom Schnitt abhängt,) an einem +E, an dem

dem andern —E. Wenn er schnell erkältet wird, so zeigt derjenige Pol —E, welcher bei der Erwärmung +E zeigt. Auch ist die Polarität, welche er erhält, wenn er durchaus gleichmäßig (in heissem Wasser, oder in einem ringsum erhitzten werdenden Glase hängend) erhitzt wird, der entgegengesetzt, welche er erhält, wenn er ungleich, auf einer heissen Eisenplatte liegend, erhitzt wird. Wenn er in mehrere Stücke zerschnitten wird, so erhält jedes Stück in derselben Richtung, als das Ganze, elektrische Polarität. — Von dieser E. ist diejenige zu unterscheiden, welche er durch Reiben erhält; in dieser erhält er, wenn er ganz gerieben wird, durchaus +E.— Da man das Anziehen und Abstoßen an diesem Steine bequem mit Aschenstäubchen zu zeigen pflegt, so ist er davon Aschenzieher (holl. *Aschentrekker*) genannt worden. *Recueil des diff. memoires sur la Tourmaline* publié par Franc. Ulr. Theod. Aepinus. Petersb. 1762. 8. F. U. T. Aepinus von den Eigenschaften des Turmalins. Ueb. Gräz 1772. 8. *Exp. on the Turmalin by* Benj. Wilson in den *phil. Transact.* LI. I. p. 308. Wilke Gesch. des Turmalins in den schwed. Abhandl. XXVIII. S. 95. XXX. S. 1. Torb. Bergman *de vi electrica Turmalini* in dess. *Opusc. phys. chem.* V. p. 402.

Dieselbe Eigenschaft hat man am brasilianischen Topas, am sibirischen hochgelben Topas (Priestley's Gesch. der E. S. 204), am krystallisirten Galmei (*Mem. de l'ac. de Paris.* 1785. p. 206.), am Mesotype, einer Art straligten Zeoliths (Hauy im *Journal des Mines.* N. 14. p. 87.), am Boracit (Hauy im *Journ. de Phys.* 1791. p. 323. übers. in Gren's Journal der Phys. VII. S. 87.) entdeckt. Ein jeder

Kry=

Krystall des Boracit's zeigt gleichsam vier verschiedene Axen (§. 889), so daß in jeder das der abgestumpften Ecke zugehörige Ende + E, das der nicht abgestumpften Ecke zugehörige — E zeigt.

§. 949.

Ohne hier schon eine eigentliche Erklärung der Elektricität zu unternehmen, denken wir uns, nur die Erscheinungen der E. auszudrücken und ihre Gesetze zu bestimmen, einen in Rücksicht auf Elektricität indifferenten Körper so, daß er + E — E = o E habe, oder daß die unbekannten Kräfte, welche wir mit + E und — E bezeichnen, in demselben mit einander vereinigt und im Gleichgewichte seyn, einander gleichsam binden und unwirksam machen. Wenn er elektrisirt wird, so entsteht in ihm eine Entzweiung, wodurch + E oder — E frei, also wirksam wird. Dieser Zustand ist ein gezwungener von dem indifferenten Zustande des Gleichgewichts und der Ruhe ganz verschiedener Zustand: man nennt ihn vergleichungsweise mit dem gezwungenen Zustande gespannter Fasern oder Federn Spannung, und den kleineren oder größeren Grad desselben Intensität.

§. 950.

Mit der Intensität des + E oder — E in einem Körper steht das Bestreben des Körpers im Verhältnisse, seinen indifferenten Zustand herzustellen. Aus diesem Bestreben geht es hervor, daß jedes

jedes E das ihm entgegengesetzte in seine Nähe zieht, und, so bald es möglich wird, sich mit ihm zur Indifferenz vereiniget; hingegen jedes E das ihm gleiche, dessen Annäherung die Aufhebung des Gleichgewichts noch vermehren würde, aus seiner Nähe zu entfernen strebt (abstößt). Die elektrischen Erscheinungen sind niemals Wirkungen des einen oder des andern E allein, sondern dieses wechselseitigen Bestrebens beider.

§. 951.

Wenn ein E habender Körper einem andern E mittheilt (§. 929), so erhält der andere Körper dadurch allemal dasselbe (+ oder —) E, welches jener hatte. Der elektrisirte Zustand, welcher dadurch in einem Körper entsteht, herrscht durch den ganzen Körper, und dauert, wenn derselbe gut isolirt ist, auch nach gänzlicher Entfernung des mittheilenden Körpers, so lange fort, bis allmälig die Luft vermöge der Feuchtigkeit, des Staubes ꝛc. das E abgeleitet hat.

§. 952.

Davon ist aber die sogenannte **Vertheilung** der Elektricität wohl zu unterscheiden. Das Gesetz dieser merkwürdigen Wirkung ist: **Ein jeder Körper bewirkt in seiner Nähe die der seinigen entgegengesetzte Elektricität**, also + E, wenn er selbst — E hat, und — E, wenn er selbst + E hat.

J. C.

J. C. Wilke *de electricitatibus contrariis*. Rostoch. 1757. 4.

§. 953.

Ein nicht isolirter Körper kann immerfort sowohl + E als — E durch Mittheilung annehmen, weil er das empfangene immerfort wieder abgiebt. Aber ein isolirter Körper hat eine gewisse Capacität, d. h. es kann nur eine gewisse Quantität + E oder — E in ihm Statt finden und nicht mehr. Bei gleichem Stoffe zweier Körper verhält sich ihre Capacität, wie die Größe der Oberfläche.

§. 954.

Wenn einem isolirten Körper der + E hat, ein anderer — E habender Körper nahe genug, doch nicht so nahe kommt, daß er ihm etwas mittheilen könnte, so wird die Intensität des + E jenes Körpers gemindert; bei gleicher Intensität des nahen — E wird die Intensität des + E ganz aufgehoben. Die + E und — E binden einander durch die Annäherung, so, als ob sie vereinigt wären (§. 949). Hingegen wird durch eben diese Annäherung die Capacität vermehrt, d. h. der + E habende Körper kann nun mehr + E aufnehmen, als er ohne diese Nähe hätte aufnehmen können.

Vom — E gilt dasselbe, mit entgegengesetzten Zeichen.

§. 955.

Da vermöge der Vertheilung ein + E habender Körper in jedem ihm nahen Körper — E bewirkt,

wirkt, und umgekehrt (§. 952); so wird die Intensität jedes E schon dadurch vermindert, und die Capacität des damit begabten Körpers dadurch vermehrt, daß ihm ein vorher **indifferenter Leiter** nahe genug ist.

Alexander Volta's Abh. über die Capacität der Leiter. Aus den *Philos. Transact.* LXXII. übers. in Baumann's Uebers. von Cavallo's Abh. von der Elektricität. II. S. 140.

§. 956.

Durch die Vertheilung (§. 952) wird ein Körper elektrisch, bloß vermöge seiner **eigenen** Materie (seines eigenen + E und — E). Wenn er einem + E habenden Körper sich nähert, so wird er — E, weil das + E des el. Körpers das + E dieses Körpers abstößt, und das — E zieht (§. 950); und eben so umgekehrt. Er **bekommt** also aus dem el. Körper, der die Vertheilung bewirket, **nichts**; daher **dauert** auch seine Elektricität nur so lange, als er in der Nähe des el. Körpers ist.

§. 957.

Die Vertheilung zeigt sich vorzüglich deutlich bei einem isolirten Leiter von **länglichter** Gestalt. Diese begünstiget die Vertheilung in dem Leiter selbst, so daß dieser gleichsam zu einem **elektrischen Magnete** wird, der nach einem Ende zu + E, nach dem andern Ende zu — E hat (§. 890. 891. 805).

Man

Man hänge an das eine Ende B eines länglichten Leiters (eines messingenen Kylinders, wie er als erster Leiter bei kleinen Elektrisirmaschinen gebraucht wird,) der gut isolirt und noch indifferent ist, zwei Strohhalme, deren jeder an seinem untern Ende mit einem Holundermarkkügelchen hinlänglich beschwert ist, so daß sie parallel neben einander herabhängen. Man nähere dem andern Ende A eine geriebene Glasstange (+ E), nur so weit, daß noch keine Mittheilung erfolgt, so wird das Ende A des Leiters —E, das Ende B aber + E erhalten, und die beiden Kügelchen an B werden mit + E auseinander fahren. Das —E des Leiters wird von dem + E der Glasstange gezogen und gebunden; das + E des Leiters wird nach B getrieben und, weil sein —E gebunden ist, frei. Man ziehe die Glasstange weg, so kehrt der Leiter in den indifferenten Zustand zurück, die Kügelchen fallen zusammen, zum Beweise, daß er nichts mitgetheilt erhalten hat. Man nähere die Glasstange abermals und berühre, indem die Kügelchen noch mit + E aus einander gespreizt sind, das Ende B mit einem Finger. Der Leiter giebt sein + E an den Finger ab, und die Kügelchen fallen zusammen, indem das —E des Leiters durch das + E der Glasstange gebunden ist. Aber man ziehe Finger und Glasstange zugleich weg, so werden nun die Kügelchen mit —E aus einander fahren, weil das —E des Leiters frei, und im ganzen Leiter gleichmäßig verbreitet wird. Nimmt man statt der Glasstange eine Harzstange, so ist, nur mit entgegengesetzten E E, der Erfolg derselbe. Aepinus von der Aehnl. der elektr. und magnet. Kraft. S. 24.

§. 958.

§. 958.

Vermöge dieser Vertheilung kann aber ein elektrisirter Körper nicht nur in einem anderen indifferenten das seinem E entgegengesetzte E bewirken, sondern auch das **gleichnamige** E **eines andern Körpers umkehren** (§. 911), wenn dieses viel schwächer ist.

§. 959.

Die Harzelektricität zeigt sich bei dieser Vertheilung etwas **schwächer wirkend**, als die Glaselektricität; d. h. das + E, welches geriebenes Harz in seiner Nähe bewirkt, ist unter übrigens gleichen Umständen schwächer, als das — E, welches geriebenes Glas in seiner Nähe bewirkt.

§. 960.

Wie nahe ein elektrisirter Körper einem anderen kommen darf, so daß in diesem nur **Vertheilung, nicht Mittheilung** erfolgt, dieses hängt einestheils von der **Gestalt** beider Körper ab (§. 938). Anderentheils ist, wenn beide Körper Leiter sind, nothwendig, daß zwischen beiden ein Nichtleiter liege, und es hängt dann von der **Beschaffenheit des Nichtleiters** ab. Glas, Harz, Seide, halten schon in sehr dünnen Schichten die Mittheilung ab, und gestatten bloß Vertheilung. Drittens von der **Intensität** des elektrisirten Körpers (§. 949).

§. 961.

§. 961.

Wenn die Intensität eines elektrisirten Körpers nach Verhältniß seiner Capacität einen hohen Grad erreicht, und ihm nun noch immerfort neues E zugeführt wird, so kann das Bestreben des E, sich mit dem entgegengesetzten E auf der andern Seite zu vereinigen, die Cohäsion eines (selbst eines stark isolirenden) Nichtleiters durchbrechen, so daß Mittheilung erfolgt. Man kann die schnelle heftige Bewegung, mit welcher sie geschieht, einen **elektrischen Ausbruch** (*Explosio electrica*) nennen (§. 395): gewöhnlich heißt sie **elektrischer Schlag.**

§. 961. b.

Die größte Entfernung, in welcher die Mittheilung des + E und — E vermöge eines Schlags durch einen Nichtleiter erfolgt, heißt die **Schlagweite.** Eigentlich gebraucht man diese Benennung nur bei elektrischen Schlägen durch die Luft.

§. 962.

Der einen elektrisirten Körper umgebende Raum, in welchem er die seiner eigenen E. entgegengesetzte Elektricität bewirkt, und dadurch Anziehung gegen andere Körper äussert, die sich in demselben befinden, heißt sein **elektrischer Wirkungskreis.** Wenn ein elektrisirter Körper sich in Luft befindet, so ist die Materie dieses Wirkungskreises **Luft**, welche die der E. jenes Körpers entgegengesetzte E. hat.

§. 963.

Diese hindert bei ihrer gewöhnlichen Dichtigkeit die Mittheilung des + E und — E zweier elektrisirter Körper, zwischen denen sie sich befindet, zwar bei weitem nicht so stark, als feste Nichtleiter, aber sie gestattet sie doch mit merklicher Schwierigkeit. Mittheilung zwischen zweien platten Flächen hindert sie am meisten: wenn die Leiter kuglichte Hervorragungen (Knöpfe) haben, so erfolgt sie allemal erst bei einer starken Intensität mit einem Schlage (§. 960) in der Schlagweite (§. 961); nur, wenn sie länglichte zugespitzte Hervorragungen (Spitzen) haben, erfolgt sie schon bei geringerer Intensität, auch langsamer und anhaltend, und schon in viel größerer Entfernung, als in der Schlagweite. Wie groß die Schlagweite sey, das hängt unter übrigens gleichen Umständen von der Intensität der Elektricität ab.

Schlagweiten bei kleinen, schlechten, Elektrisirmaschinen, feuchtem Wetter, von einem Viertheilszoll rc. bei grossen, guten Maschinen, trocknem Wetter, von sechs, acht rc. Zollen. Große Schlagweiten in der Natur.

§. 964.

In verdünnter Luft erfolgt die Mittheilung desto leichter, je mehr sie verdünnt ist; auch aus kuglichten Hervorragungen schon bei geringerer Intensität, in einem langsameren anhaltenden Ueberströmen, und in viel größerer Entfernung.

Da=

Daher erfolgt in verdünnter Luft das elektrische Anziehen und Abstoßen immer schwächer, je mehr die Luft verdünnt wird.

§. 965.

Aus diesem Gesetze der Vertheilung erhellet, daß ein elektrisirter Körper nicht einen andern indifferenten zieht, sondern, indem derselbe ihm nahe kommt, in ihm die der seinigen entgegengesetzte Elektricität bewirkt und ihn nur als einen von entgegengesetzter Elektricität nach dem Gesetze (§. 945) zieht.

Daher zieht ein + E habender Körper einen anderen leichter und stärker, der schon —E hat, als einen, der indifferent war, und dem er das —E erst durch seine Annäherung geben muß. Eben so umgekehrt. — Und eben daher zieht unter übrigens gleichen Umständen eine geriebene Glasstange einen andern, vorher indifferenten, Körper schon in größerer Entfernung und heftiger an, als eine geriebene Harzstange, weil jene in demselben ein stärkeres entgegengesetztes E hervorbringt (§. 959).

§. 966.

Ein Nichtleiter hindert die Vertheilung gewissermaassen nicht, nämlich so nicht, daß ein elektrisirter Leiter in einem anderen das dem seinigen entgegengesetzte E bewirke, wenn sich zwischen beiden ein Nichtleiter befindet: nur darf der Nichtleiter in der Dimension, nach welcher die Wirkung erfolgt, nicht zu groß seyn. **Aber ein Nichtleiter gestattet nicht leicht die Vertheilung in sich selbst,**

und daher geht auch die Vertheilung in einem Leiter schwächer vor sich, wenn er isolirt ist (§. 936), weil sie sich bloß auf ihn selbst, in einem nicht isolirten aber auch auf die angränzenden Leiter erstreckt.

Wenn wir zwei indifferente Kügelchen, eines an einem (nicht leitenden) seidenen Faden, das andere an einem (leitenden) Zwirnsfaden aufhängen, so wird das am Zwirnsfaden hängende von der sich annähernden geriebenen Glasstange schon in großer Entfernung gezogen, indem dieser die Vertheilung leicht gestattet, so daß das Kügelchen — e werden kann. Hingegen dem am seidenen Faden hängenden muß das + E der Glasröhre schon sehr nahe kommen, ehe sie es — e machen und als solches ziehen kann. Ist ihm vorher durch eine geriebene Harzstange — E gegeben worden, so zieht sie es in derselben Entfernung.

§. 967.

Aus dem Gesetze der Vertheilung erhellet ferner, **wie eigentlich die Mittheilung** oder Leitung (§. 929) **geschieht**. Ein Leiter, welcher einem + E habenden Körper nahe genug ist, erhält an dem Theile, der jenem zugewandt ist, durch die Vertheilung (§. 952) — E, an dem abgewandten + E (§. 956. 957). Nun verbindet sich sein — E mit dem + E des ersten Körpers, dadurch erhält er durchaus + E. Ein zweiter Leiter, welcher diesem nahe genug ist, bekommt auf eben die Weise erst durch Vertheilung — E nach dem ersten Leiter zu, + E am entgegengesetzten Ende, dann durchaus + E durch Vereinigung seines — E mit dem

dem

+ E des ersten Leiters und so geht es von Leiter zu Leiter.

Hat der erste E habende Körper — E, so ist jene Bestimmung dieselbe, nur mit entgegengesetzten Zeichen.

§. 968.

Es erklärt sich nun auch leicht, wie und warum die Mittheilung der E. von der **Gestalt** der Körper abhänge (§. 938. 963).

Die länglichte Gestalt eines Körpers befördert in ihm die Vertheilung des + E und — E (§. 957); er wird daher an dem Ende, welches er einem + E habenden Körper zuwendet, stärker — E werden, als bei platter Gestalt, mithin wird auch das Bestreben beider E zur Vereinigung größer seyn. Ferner haftet, wenn ein E habender Körper einem andern eine **Spitze** zuwendet, sein äusserstes E an sehr wenig Masse, wird also wenig zurückgehalten, und hat nur den Widerstand eines dünnen Luftfadens zu überwinden; daher geht dieses äusserste E schon bei geringer Intensität und in größerer Enfernung zum nahen entgegengesetzten E über, das übrige E des Körpers folgt diesem, sich immerfort gleichmäßig im ganzen Körper vertheilend, allmälig nach, und so erfolgt ein sanftes anhaltendes Ueberströmen. Bei **platten Flächen** hingegen haftet das äusserste E an viel Masse, wird also mehr zurückgehalten, und hat eine dicke Luftsäule zu überwinden; daher können platte Flächen mit E begabter Körper einander sehr nahe kommen, ohne daß Mittheilung erfolgt. **Kuglichte Hervorragungen** halten zwischen platten Flächen und Spitzen gleichsam das Mittel; sie gestatten daher die Mittheilung leichter als platte Flächen, aber

erst

erst in kleinerer Entfernung, als Spitzen, und nur bei stärkerer Intensität, daher stoßweise, so oft das E eine gewisse hinlängliche Intensität erhalten hat.

§. 969.

Daß die Stärke der elektrischen Anziehung und Abstoßung, welche jedes in einem elektrisirten Körper denkbare Punct innerhalb seines Wirkungskreises äussert, sich **umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung** vom wirkenden Puncte verhalte, läßt sich wohl, wie in ähnlichen Lehrsätzen (§. 128. b. 494.) a priori erweisen, wenn man sich diese Wirkungen in abstracto denkt. Allein für die Erfahrung legt dieser Bestimmung die so leicht in Mittheilung übergehende Vertheilung, und die Verschiedenheit der Entfernung, in welcher dieses in verschiedenen Mitteln, selbst in Luft von verschiedener Dichtigkeit geschieht, wichtige Hindernisse in den Weg.

Indessen s. man darüber den Auszug aus Coulomb's Abhandlungen über die Elektricität, welcher mit einem sinnreich ausgedachten Werkzeuge jenes Gesetz a posteriori zu beweisen sucht, in Gren's neuem Journal der Phys. III. 1. S. 50.

§. 970.

Sehr oft finden wir bei elektrischen Erscheinungen; **daß + E plötzlich in — E übergeht**, so daß wir nicht selten Schwierigkeit haben, bei gewissen feinen elektrischen Versuchen ein bestimmtes

tes E zu zeigen. Die Ursache davon scheint in verschiedenen Fällen sehr verschieden zu seyn.

Erstlich erfolgt, wo aus einem E habenden Körper in einen indifferenten anfangs bloß **Vertheilung** wirkt, (und bei Versuchen zu gewisser Absicht nur wirken soll,) wegen zu großer Nähe, oder wegen Spitzen, oder wegen großer Intensität schon **Mittheilung** (§. 960). Zweitens verwandelt ein Körper, der starkes + E hat, in einem sich ihm nähernden Körper, welcher nur schwaches + E hat, dieses in — E, und zieht ihn also, statt ihn abzustoßen (§. 958.).

§. 971.

Aus der richtigen Kenntniß aller dieser Gesetze lassen sich nun leicht die mancherlei Erscheinungen des **Anziehens** und **Abstoßens** begreifen, welche man mit mancherlei Werkzeugen bewirkt, um diese Gesetze anschaulich zu machen, oder dem noch Unkundigen die Macht der physikalischen Kunst zu zeigen.

Eine geriebene Glasstange zieht ein nicht isolirtes an einem (leitenden) Zwirnsfaden hängendes Kügelchen wiederholt an sich, weil dieses das von der Glasstange erhaltene + E immerfort wieder abgiebt, also durch die Vertheilung immerfort wieder — E erhält; ein isolirtes, an einem (nichtleitenden) seidnen Faden hängendes Kügelchen zieht sie nur einmal an sich, dann stößt sie es wieder ab, und es fliehet anhaltend die Glasstange, weil es das von ihr erhaltene + E beibehält.

Leicht bewegliche Körper, die mit dem isolirten ersten Leiter einer E. Maschine während ihrer Wirkung in

leitender Verbindung sind, fliehen den Leiter und einander, so weit sie können, sobald sie einerlei E von dem Leiter erhalten. Der sich hebende und sträubende Haarstrang, die sich auflockernde Baumwolle; das in Zapfen ausschiessende, fliessende Siegellack; das durch ein heberförmig gekrümmtes Haarröhrchen ausfliessende Wasser rc.

Leichte isolirte Körperchen, (durch Aufhängen an seidenen Fäden isolirt, wenn sie sich hin und her bewegen sollen; durch die bloße Umgebung mit Luft isolirt, wenn sie sich auf und nieder bewegen sollen,) welche nicht weit von einem Körper hängen oder liegen, der vom ersten Leiter der wirkenden Maschine + E hat, werden, weil sie durch Vertheilung — E erhalten, von jenem angezogen, und, da sie in der Berührung + E erhalten, wieder abgestoßen. Wenn sie aber in der vom Abstoßen entstehenden Bewegung auf einen andern nicht isolirten Körper treffen, so geben sie das erhaltene + E wieder ab. Nun werden sie, wie vorher, wieder angezogen u. s. w. Dadurch entsteht ein wechselndes Hin- und Her- oder Auf- und und Nieder-Bewegen. Das elektrische Glockenspiel: (um eine mit dem ersten Leiter in Verbindung stehende Glocke hängen im Kreise mehrere kleinere nicht isolirt, zwischen jeder kleineren und der größeren hängt an einem seidenen Faden ein Kleppel.) Der Tanz der papiernen Puppen (über einem nicht isolirten Teller, unter einem Teller, der am ersten Leiter hängt). Der elektrische Sandwirbel (eben so). Die tanzenden Kugeln (von Holundermark in einem inwendig elektrisirten Glasbecher, auf einem nicht isolirten Teller) rc.

Ein leichtes isolirtes Körperchen wird zwischen zweien Körpern, deren einer + E, der andern — E hat, durch ab-

abwechselndes Anziehen und Abstoßen an und von beiden hin- und hergeworfen. Der elektrische Federball (eine Pflaumfeder, in der Luft schwebend zwischen einer geriebenen Glasstange und einer geriebenen Harzstange); die elektrische Spinne (ein leichtes spinnenähnliches Kügelchen von Zeug mit seidenen Füßchen isolirt hängend zwischen eben denselben Stangen, oder dem Knopfe einer mit + E, und dem einer mit — E geladenen Flasche (§. 986).

§. 972.

Das **Reibezeug**, mit welchem ein Körper gerieben wird, erhält allemal diejenige Elektricität, welche der des geriebenen Körpers **entgegengesetzt** ist. Das Reibezeug, mit welchem (glattes) Glas gerieben wird, erhält — E; das mit welchem Harz gerieben wird, erhält + E (§. 944). Dieses kann sich aber nur dann zeigen, wenn das Reibezeug isolirt ist (§. 936).

Das isolirte Reibezeug des geriebenen Glases stößt ein isolirtes Kügelchen (§. 971) ab, das von geriebenem Harze — E erhalten hat, und zieht ein Kügelchen, das von geriebenem Glase + E erhalten hat. Das isolirte Reibezeug des geriebenen Harzes stößt ein Kügelchen ab, das von geriebenem Glase + E erhalten hat, und zieht ein Kügelchen, das von geriebenem Harze — E erhalten hat. — Wenn die Kette vom Reibezeuge einer Elektrisirmaschine auf den ersten Leiter gehangen wird, so daß sie ihn mit dem Reibezeuge in Verbindung setzt, so ist alles Drehen umsonst: der Leiter bleibt indifferent, weil das — E des Reibezeugs das + E aufhebt, welches er aus dem geriebenen Glase erhalten hat (§. 943). &c.

§. 973.

§. 973.

Offenbar findet auch hier das Gesetz der Vertheilung (§. 952) Statt. Aber freilich wirkt hier nicht bloß Vertheilung, sondern es geht die Wirkung von der Reibung des vorzugsweise so genannten geriebenen Körpers (§. 941) und in den meisten, wenn nicht in allen Fällen, zugleich von der Reibung des Reibezeuges aus.

Jeder Körper, der durch Reiben elektrisch werden kann, ist nach seiner eigenthümlichen Beschaffenheit geneigt + E oder — E zu erhalten, wenn er gerieben wird; wie er nun ein E erhält, so bewirkt er durch Vertheilung in seinem Reibezeuge das entgegengesetzte E. Ist der Stoff des Reibezeugs von der Art, daß dieser durch Reiben wenig oder nicht elektrisch wird, so hängt dessen E bloß von der Vertheilung ab; ist er geneigt, durch Reiben dasselbe E zu erhalten, so werden beide E durch Vertheilung einander schwächen: ist er aber geneigt, durch Reiben das entgegengesetzte E zu erhalten, so werden beide E durch Vertheilung einander verstärken, und durch wechselseitige Erhöhung der Capacität (§. 954) wird jeder der beiden Körper mehr E in sich entstehen lassen, als er ohnedem zu fassen fähig wäre.

§. 974.

Offenbar hängt es also nicht bloß von der Beschaffenheit eines geriebenen Körpers, sondern auch von der Beschaffenheit seines Reibezeuges ab, ob derselbe + E oder — E erhält. Im allgemeinen scheint es aus der Erfahrung sich zu ergeben, daß die brennbaren (also oxydirbaren) Stof=

Stoffe durch Reiben — E erhalten; indessen zeigen sich die Verschiedenheiten so vielfach, daß es bis izt noch nicht verstattet ist, darüber eine allgemeine Regel festzusetzen.

Bei den brennbaren Stoffen ist der Demant auszunehmen, welcher im allgemeinen + E erhält. Hauy in den *Annales du Museum d'hist. nat.* N. 17. Tom. 3. Tom. 3. p. 309.

Folgende Tabelle zeigt, welches E die geriebenen Körper, und mit welchem Reibezeuge erhalten:

Geriebene Körper:	Erhalten:	Mit diesem Reibzeug:
Glas, glattes	+ E	Jedes bis izt versuchte, ausgenommen Katzenhaar
	— E	Katzenhaar
Glas, rauhes und mattgeschliffnes	— E	Katzenhaar, Wolle, Federkiel, Holz, Harz, Wachs, Papier, die Hand
	+ E	Wachstaffet, Schwefel, Metalle, Seide
Harz (Siegellack)	— E	Katzen- Hasen- Wiesel- Iltishaar, Wolle, Papier, die Hand, glattes Glas
	+ E	Metalle, Schwefel, matt geschliffenes Glas

Schwe-

Schwefel	— E	Glas, Harz, Papier, Tuch, die Hand
	+ E	Metalle
Metalle	— E	Glas (glattes)
	+ E	?
Seide, weisse	— E	Haar, Papier, die Hand
	+ E	Schwarze Seide, schwarz Tuch, Metalle
Seide, schwarze	— E	Weisse Seide, Hasen= Wiesel= Iltisfelle, Metalle, die Hand
	+ E	Harz (Siegellack)
Hasenhaar	+ E	Metalle, Seide, Leder, Papier, gedörrtes Holz, die Hand
	— E	Andere feinere Felle
Katzenhaar	+ E	Durchaus

Symmer in den *philos. Transact.* 1760. LI. S. 304. Cigna in den *Misc. Soc. Taurin.* 1765. p. 31. Cavallo von der E. I. S. 21. Metalle nehmen nach Hauy (*Annales du Museum d' hist. nat.* No. 17. Tom. 3. p. 309) isolirt auf Tuch gerieben, einige (namentlich Zink, Silber, Wismuth, Kupfer, Blei, Eisenglanz,) + E; andere (Platina, Gold, Zinn, Antimonium, graues Antimoniumerz, Kupferfahlerz, Kupferkies, Bleiglanz, Tellurium von Nagyag, Antimoniumsilber, Glaserz (Argent sulfuré), Nickel, Glanzkobalt, grauer

grauer Speisekobalt, Schwefelkies, Eisensteine, die schwach oxydirt sind,) — E an.

Auch auf das mehr und weniger Reiben scheint hier etwas anzukommen. Wenn ein seidnes Band A über einem andern ganz gleichen B hin- und hergezogen wird, so daß das ganze A nur einen kleinen Theil von B reibt, so erhält A das + E, und B das — E.

Von der Reibung hängt höchstwahrscheinlich auch die Elektricität ab, welche mancherlei zu Staub geriebene Körper erhalten, wenn man sie durch Siebe oder Beutel durchstäubt. Karl Kortum hat darüber eine Menge Versuche angestellt, welche im Goth. Mag. für das Neueste. X. 2. und in Cavallo von der E. II. S. 17. beschrieben sind. Andere Adolph von Gersdorf in Gilbert's Annalen. XVII. 2. S. 200.

Eben davon die E., welche geschabte Holzspäne sehr trocknen Holzes sogleich nach dem Schaben (auf die Platte eine Elektrometers gestreut) zeigen. Mit Fensterglas geschabt haben sie + E, mit einem nicht sehr scharfen Messer, wenn das Holz durchaus heiß ist, + E; wenn es durchaus kalt ist, — E; mit einem sehr scharfen — E, das Holz mag heiß oder kalt seyn. Die Messerklinge hat dabei jedesmal das entgegengesetzte E. Wilson in Gilbert's Ann. XVII. 2. S. 285. Siegellack mit scharfem Gold abgeschabt, erhielt + E, mit scharfem Silber, Kupfer, Messing, Eisen, abgeschabt, — E. Vassalli in den *Mem. de l'ac. de Turin.* V. p. 57. Ueb. in Gilbert's Ann. VII. S. 498.

Wenn Marienglas in Blätter gespalten wird, so zeigt sich das eine der beiden getrennten Blätter mit + E, das mit — E begabt. Cavallo von der E. II. S. 384. Eben das beobachtet man bei trockenem und warmen Holze. Wilson a. a. O. S. 210.

§. 975.

§. 975.

Aus dem Gesetze der Vertheilung erklären wir auch die zweierlei Arten von **Figuren**, welche die beiderlei Elektricitäten bei einer gewissen Anwendung derselben bewirken, und welche nach Lichtenberg's Beobachtungen dazu dienen können, sie von einander zu unterscheiden.

Man setze auf einen glatten Harzkuchen eine kleine messingene Glocke, und ziehe eine geriebene Glasstange langsam über dieselbe hin. Die Glocke erhält dadurch + E, und die ringförmige Stelle des Harzkuchens, auf welcher sie stand, vermöge der Vertheilung — E. Man nehme die Glocke ab und stäube durch einen leinenen Beutel fein zerriebenes Colophonium auf den Kuchen. Dieses hat durch die Reibung bei dem Durchstäuben ebenfalls — E erhalten, wird also von dem — E der ringförmigen Stelle auf dem Kuchen abgestossen, und so entsteht eine stralige Figur, in welcher sowohl vom innern Rande des Rings Stralen nach innen (in die Area des Rings) als vom äussern Rande desselben Stralen nach aussen gehen, der Ring selbst aber leer ist. — Aendert man denselben Versuch dahin ab, daß man statt der Glasstange eine Harzstange nimmt, so entsteht eine kranzähnliche Figur, in welcher der Ring selbst mit Stäubchen besetzt ist, hingegen in der Area und um den Ring herum keine Stäubchen liegen. In diesem Falle hat nämlich die Stelle vermöge der Vertheilung + E, und zieht daher die — E habenden Stäubchen an. Georg. Christoph. Lichtenberg *de nova methodo naturam ac motum fluidi electrici investigandi* in *nov. Comm. soc. Goetting.* VIII. 1777. p. 168. De Luc Meteorologie.

gie. §. 493. Uebers. Berlin 1787. S. 390. Ueber die Lichtenbergischen Figuren von A. Paets van Troostwyk und C. R. Krayenhof üb. in den Leipz. Samml. zur Phys. IV. 4. 1790. S. 357.

Mancherlei merkwürdige Resultate liefert das Aufstreuen gemengter Pulver auf einen Harzkuchen, auf welchem einige Stellen positiv, andere negativ elektrisirt sind. von Arnim's elektrische Versuche in Gilbert's Annalen. V. 1. S. 35.

§. 976.

Wenn ein elektrisirter Körper einem anderen Elektricität mittheilt, so daß sie einander nicht unmittelbar berühren, sondern zwischen beiden Luft ist, so entsteht Licht, das man von seinem Ursprunge **elektrisches Licht** nennt. Dieses Licht entsteht **allemal durch Vereinigung des +E und —E** zweier Körper, es mag nun jedes von beiden seinen eigenen Ursprung haben, oder von dem entgegengesetzten durch Vertheilung bewirkt worden seyn. Indessen zeigen sich doch in demselben in Rücksicht auf die Verschiedenheit beider Elektricitäten gewisse Unterschiede.

§. 977.

Wenn ein Leiter eine Spitze hat (§. 968) so zeigt sich bei der Mittheilung der gemeinen Luft ein schwaches fortdauerndes Licht (**Spitzenlicht**) (§. 963): hat der Leiter +E, als ein **Stralenbüschel**, der sich von der Spitze auf einen halben, ganzen Zoll — mehrere Zolle, — weit verbreitet und zum —E haben

benden Körper hinströmt; hat er —E, als ein viel kleineres **Sternchen**, das die Spitze nur genau in ihrer Nähe umgiebt. Die Erscheinung dieses Lichts ist mit einem leisen Geräusche verbunden, und wenn ein Mensch die bloße Haut einer Spitze nähert, so fühlt er dabei einen sanften Wind.

Man kann dieses Spitzenlicht lange fortdauernd an einer Elektrisirmaschine zeigen, wenn die Kugel ꝛc. anhaltend gedrehet wird. Bei einer **Glaskugel** strömt aus einer Spitze des **ersten Leiters** immerfort ein **Stralenbüschel** in die umgebende Luft; er wird stärker, wenn man ihm die Hand oder einen anderen Leiter nähert. Eine der abgerundeten Fläche des Leiters genäherte Spitze zeigt das Sternchen. Hingegen am **isolirten Reibezeuge** (§. 972) zeigt eine Spitze ein Sternchen; Spitzen (so auch die Fingernägel) gegen die platte Rückfläche des isolirten Reibezeugs gehalten, geben Stralenbüschel, die auf das Reibezeug zufahren. Werden zwei Spitzen, eine +E habend, eine —E habend, einander genähert, so scheint von der —E-Spitze ein viel kleinerer Stralenbüschel dem von der +E-Spitze entgegen zu kommen, so daß das ganze Licht die Gestalt zweier Kegel hat, welche mit ihren Grundflächen zusammenhängen.

In verdünnter Luft wird dieses Licht viel stärker und verbreitet sich blitzend durch einen fußlangen und längern Recipienten nach dem entgegengesetzten Ende, auch wenn daselbst nur ein platter metallener Boden ist.

Daher entsteht auch das Licht, wenn **Quecksilber in luftleeren Röhren** hin und her bewegt wird. Jo. Bernouilli *de mercurio lucente in vacuo.* In *opp.* II. n. 112. Daher leuchten (phosphoresciren, wie man

man sagt,) ausgekochte Barometer (§. 477), in denen das Quecksilber sich am Glase reibt (§. 309. 927), weil es das Glas berührt (§. 162). Nach Aepinus (von der Aehnl. der elektr. und magn. Kraft. Gräz 1771. S. 10.) bewirkt es beim Hinaufsteigen — E, beim Herunterfallen + E. Allein dieses Leuchten findet doch in der vollkommenen (Torricellischen) Leere (§. 407) nicht mehr Statt, sondern nur in sehr verdünnter Luft. Ausgekochten Barometern, welche leuchten, kann man durch nochmaliges sorgfältiges Auskochen das Leuchten benehmen.

§. 978.

Wenn bei der Mittheilung der Elektricität zwischen zweien von einander entfernten Körpern beide, oder wenigstens einer von beiden, abgerundete Flächen einander zuwenden, so entsteht bei der Mittheilung in der gemeinen Luft der sogenannte **elektrische Funken**, ein länglichtes kylindrisches Licht, dessen Länge von einem der beiden Körper zum andern fortgeht, dessen Dicke und Stärke viel größer ist, als bei dem Spitzenlichte, und welches plötzlich, mit einem, je nach dem die E. schwächer oder stärker ist, schwächerem oder stärkerem platzendem Schalle (Knalle) hervorbricht, und schnell wieder verschwindet. Dieser Funken entsteht noch nicht in der großen Entfernung, in welcher schon das Spitzenlicht entsteht, sondern erst in der Schlagweite (§. 963).

Du Fay entdeckte zuerst den elektrischen Funken 1732. Nollet *leçons de phys.* VI. p. 408.

Zwischen einem elektr. Nichtleiter und einem Leiter entstehen nur schwächere Funken; viel stärkere Funken entstehen, wenn die E. von einem vollkommenen Leiter zum andern mitgetheilt wird. Mit einem solchen Funken wird dann auch das ganze E eines elektrisirten Leiters einem andern nicht elektrisirten dermaassen mitgetheilt, daß das gleichnamige E in beiden Leitern nach Verhältniß der Oberflächen gleichmäßig verbreitet wird (§. 940). Ist der vorher nicht elektrisirte Leiter mit der Erde in leitender Verbindung, so wird der Funken am stärksten, und dann hat durch ihn der elektrisirte Leiter sein E ganz verloren (Ebend.).

Uebrigens heißt dieser Funken der einfache, im Gegensatze des verstärkten, den die Leidensche Flasche rc. giebt. Auch dieser einfache ist bei zwei isolirten Leitern viel stärker, wenn beide schon an sich selbst entgegengesetztes E haben, als wenn nur einer an sich selbst E hat, der andere noch indifferent ist, und erst bei der Annäherung an jenen durch Vertheilung das entgegengesetzte E erhält. Im leztern Falle ist der einfache Funken stärker, wenn der el. Leiter + E hat (positiver Funken), als wenn er — E hat (negativer Funken), weil das + E durch Vertheilung in dem sich nähernden Körper stärkeres — E bewirkt, als umgekehrt (§. 959).

Die Entstehung der Funken wird befördert durch kuglichte Hervorragungen (Knöpfe) an den Leitern, welche auf Hälsen sitzen, die viel dünner sind, als der Leiter im ganzen (§. 968).

Uebrigens hängt die Stärke der Funken von der Intensität der E. ab; davon auch die Größe der Schlagweite. Der Conductor einer starken Glasmaschine kann, unter begünstigenden Umständen (trockner Luft, frisch aufgetragenem Amalgama), 6, 7, 8 Zoll lange und längere Fun-

Funken geben. Van Marum's Maschine im Teylerischen Museum zu Haarlem giebt 24 Zoll lange Funken von der Dicke eines Federkiels. Funkenmesser. Sehr lange Funken erscheinen nicht ganz gerade, sondern geschlängelt, gleichsam als ob das, was mit dem Funken übergeht, unterwegs durch entferntere Leiter von seinem Wege hie und da abgelenkt würde. Ja sehr starke lange Funken schiessen unterweges gleichsam Aeste aus.

Wahrscheinlich ist ein el. Funken an sich selbst eine kuglichte Lichterscheinung; es erscheint uns nur sein Weg als ein länglichter leuchtender Kylinder vermöge des bleibenden Eindrucks (§. 670). Wegen der Schnelligkeit der Bewegung, mit welcher der Funken erscheint, kann man nicht wohl deutlich sehen, ob dieselbe vom + E zum — E, oder umgekehrt gerichtet ist, weswegen auch die Urtheile über die Richtung verschieden sind. S. Remer in Gilbert's Ann. VIII. 4. S. 332, XVII. 1. S. 25. und Knoch eb. XXIV. 1. S. 108. Mir scheint es allemal, daß ein größerer Funken im größten Theile des Weges vom + E nach dem — E hinfahre, aber nahe am — E ihm ein kleinerer Funken entgegen komme. Wo sie zusammenkommen, ist das Licht am stärksten und violett, da es übrigens weiß ist. Die Aeste eines sehr langen Funkens sind allemal dem — E zugewandt.

Funken aus sehr starken Maschinen über große Stücken Zucker hingeleitet, hinterlassen röthlich leuchtende Streifen, die einige Secunden und länger noch zu sehen sind. Zucker ist ein Nichtleiter und brennbar: es geschieht das aber auch bei Kreide.

§. 979.

Offenbar setzt die elektrisirte Körper umgebende Luft der Mittheilung der E. als Nichtleiter ein be-

sto größeres Hinderniß entgegen, je dichter sie ist. Denn wenn dem ersten Leiter, auch einer starken E. Maschine, ein zweiter mit der Erde verbundener in der Schlagweite nahe steht, so schlagen dennoch immerfort nur einzelne Funken, gleichsam stoßweise, über, so oft die E. eine hinlängliche Intensität erhalten hat, den Widerstand der Luft zu überwinden. Hingegen in sehr verdünnter Luft strömt auch aus kuglichten Hervorragungen, die mit dem ersten Leiter einer gehenden Maschine in Verbindung stehen, anhaltend (nicht mit einzelnen Funken) Licht hervor, und von einem Leiter zum andern über, wenn gleich ihre Entfernung von einander größer ist, als die Schlagweite. Es zeigt sich dann noch deutlicher, daß das Licht, wenigstens größtentheils, vom + E habenden Leiter zum — E habenden hinströmt, und wenn die Entfernung zweier Kugeln im luftleeren Recipienten zu groß ist, so ist, ohne Ueberströmen, nur die + E habende Kugel mit einem leuchtenden Schein umgeben, die — E habende nicht.

Henly's leuchtender Leiter. Ein hohler Glaskylinder, an beiden Seiten geschlossen, und so eingerichtet, daß die Luft auf der Luftpumpe aus ihm ausgepumpt werden werden kann. In seiner Axe stehen zwei metallene Leiter mit Knöpfen. Cavallo von der Elektricität. I. S. 201.

Uebrigens ist der Unterschied einer abgerundeten Hervorragung und einer Spitze, wenn die Spitze nicht vollkommene Spitze ist, relativ in Beziehung auf die Intensität der Elektricität, und den Durchmesser der Hervor-

vorragung. Ein kuglichter Knopf, der bei einer kleinen Maschine nur Funken giebt, strömt bei einer größern auch in der Luft, wie eine Spitze, aus. Starke Intensität überwindet hier den Widerstand dichter Luft, schwache Intensität nur den Widerstand dünner Luft.

§. 980.

Es erfolgt durch das elektrische Licht allemal Mittheilung, bei Spitzen langsam, bei abgerundeten Flächen plötzlich.

Wenn vor den ersten Leiter einer Maschine in der Schlagweite ein zweiter, vor den zweiten, ebenfalls in der Schlagweite, ein dritter, u. s. w. gestellt wird, so schlägt allemal, wie ein Funken von 1 zu 2 überschlägt, auch einer von 2 zu 3, u. s. w. so daß die Mittheilung durch die ganze Reihe der Leiter geht.

§. 981.

Ist das Licht, welches einige Windbüchsen (§. 475) zeigen, wenn sie stark geladen abgeschossen werden, vielleicht auch ein elektrisches Licht? Von Entbindung der Wärme kann es wohl nicht abhängen (§. 766).

Remer über das Leuchten beim Abschiessen stark geladener Windbüchsen in Gilbert's Annalen VIII. 3. S. 336. XVII. 1. S. 23. Weber ebend. XI. S. 344. Wolff ebend. XII. S. 608. u. in Voigt's Mag. für die Naturkunde. IV. 6. S. 826.

Von dem Blitze, als einem großen elektrischen Funken kann, so wie von der E. der Atmosphäre überhaupt, erst in der Meteorologie geredet werden.

§. 982.

Zur Untersuchung aller dieser Wirkungen dienen gewisse Werkzeuge, welche zusammengenommen der **elektrische Apparat** heissen. Um die Intensität (§. 949) der Elektricität verschiedener Zeiten und Räume zu vergleichen, dienen die **Elektrometer**, die jedoch größtentheils nur **Elektroskope** sind, d. h. Elektricität anzeigen, ohne sie eigentlich zu messen. Die Einrichtung der meisten beruhet darauf, daß zwei Körper, welche einerlei E haben, einander abstoßen, desto mehr, je stärkeres E sie haben. Einige derselben, welche schon durch sehr geringe Grade von E. in Bewegung gesetzt werden (sehr empfindlich sind), dienen bloß dazu, um eben diese zu entdecken. Die weniger beweglichen dienen unter andern bei dem Laden der Batterien, damit man diese nicht überlade.

Eine Art der Elektroskope besteht bloß aus zweien länglichten sehr dünnen und leichten von einem senkrechten metallenen Stabe parallel neben einander herabhängenden Körperchen, welche, wenn der Leiter E erhält, beide dasselbe E erhalten, und daher divergiren. Man umgiebt sie gewöhnlich mit einer Glasröhre, welche zum Divergiren der Körperchen hinlänglich weit, und etwas länger als dieselbe ist, unten auf einer hölzernen Unterlage ruht, und oben mit der metallenen Decke geschlossen ist, durch welche der Stab geht, von dem die Körperchen herabhängen. Innerhalb der Glasröhre klebt man zwei bis zur Unterlage reichende Metallblättchen so an, daß die Körperchen, wenn sie viel divergiren, daran schlagen, und ihr E wieder verlieren.

Wenn

Wenn eines dieser Metallblättchen unten um den Rand der Glasröhre herumgebogen aussen herausragt und isolirt aufliegt, so kann man, indem man diesem einen + E oder — E habenden Körper nähert, daran prüfen, ob das Elektrometer + E oder — E erhalten habe (§. 945): Sonst prüft man dieses auch so, daß man einen + E oder — E habenden Körper der Decke des Werkzeugs nähert; hat das Elektrometer das gleiche E erhalten, so wird die Divergenz vermehrt, hat dasselbe das entgegengesetzte erhalten, so wird sie vermindert.

Du Fay's Elektrometer von leinenen Fäden. **Canton's** E. M. von eben solchen Fäden, an deren Enden Kügelchen von Kork oder Holundermark befestigt sind (*Philos. transact.* XLVIII. I. N. 53.). **Cavallo's** E. M. (von der Elektricität. Ueb. Lpz. 1797. I. S. 156.) **Bennet's** E. M. von Goldblättchen (*Philos. Transact.* LXXVII. **Gren's** Journal der Phys. I. 3. S. 380.) verbess. von **Nicholson.** (Aus dess. Journal übers. in **Gilbert's** Annalen. I. 3. S. 251.) **Volta's** E. M. von Strohhalmen in einem viereckigten gläsernen Gehäuse, an dessen einer Wand ein eingetheilter Gradbogen mit dem Demant eingeschnitten ist, die Divergenz zu messen. (Dess. meteorolog. Briefe. Ueb. I. Leipz. 1793. 8.) **Marechaux** Elektromikrometer. **Gilbert's** Ann. XVI. 1. S. 115.

Eine andere Art besteht darin, daß ein länglichter dünner Körper (Zeiger), der wie ein Pendel beweglich ist (§. 256), so neben einer senkrecht feststehenden Stange parallel mit ihr hängt, daß er, wenn das ganze Werkzeug + E oder — E erhält, wie ein Pendel gehoben wird. Man beschwert das untere Ende des Zeigers mit einem Kügelchen von Holundermark, einem hohlen Kügel-

Kügelchen von Silber rc. Bei diesen bringt man zweckmäßig einen auf Glas gezeichneten, in Grade eingetheilten Quadranten an, um den Winkel zu messen, welchen das kleine Pendel mit der Stange macht.

Henly's Quadrantenelektrometer. Der Zeiger von Buxbaumholz. Mit einer Schraube kann es an den ersten Leiter befestigt werden. (**Priestley** in den *philos. transact.* LXII. N. 26.) **Adam's** E. M. (Versuch über die Elektricität. S. 222.) **Langenbucher's** E. M. (Beschr. einer Elektrisirmaschine. S. 44.) **De Luc's** E. M. (Dess. Ideen über die Meteorologie. I. §. 394. Uebers. Berl. 1787. I. S. 306.) **De Saussure's** E. M. (*Voyage dans les alpes.* Genev. 1786. 4. Chap. 28. §. 791.) **Achard's** E. M. welches den Zweck hat, die Stärke der E. wirklich nach dem Gewicht des abgestoßenen Körpers und der Tangente des Abstoßungswinkels zu messen. (Beschäft. der Berlin. Gesellsch. naturforsch. Freunde. 1775. S. 53.) **Brooke's** E. M. welches den Grad der abstoßenden Kraft auch nach veränderlichem Gewicht an einem Hebel bestimmt. (**Adams** Vers. über die Elektr. Ueb. Leipz. 1785. S. 221.)

Coulomb's Elektrometer, bei welchem eine bewegliche von einer unbeweglichen abgestoßene Kugel einen spiralförmig gewundenen Drath drehet. **Gren's** neues Journal der Phys. III. 1. S. 51.

§. 983.

Die vorzugsweise sogenannte **Elektrisirmaschine** besteht aus einem **Nichtleiter**, der auf einem schicklichen **Gestelle** dergestalt ruhet, daß er sich um seine Axe drehen und dabei an einem schicklichen **Reibezeuge** gerieben werden kann.

Chr.

Chr. Aug. Hausen (*novi profectus in historia electricitatis.* Lips. 1743. 4.) hat diese Maschinen zuerst in den physikalischen Unterricht eingeführt, obwohl schon **Otto von Guerike** (*exp. de vacuo spatio.* p. 240.) eine Schwefelkugel, und **Hawksbee** (*physico-mechanical experim.* Lond. 1709. 4.) eine Glaskugel bei ihren Untersuchungen angewandt hatten.

Der beste Stoff zum Nichtleiter der E. Maschine ist Glas, weil es + E und dadurch gewissermaassen stärkere el. Wirkungen giebt. Die Wirkungen des — E lassen sich dann am Reibezeuge zeigen. Es ist hier eigentliches Glas (Kieselglas) zu verstehen. Englisches **Flintglas** (d. i. bleihaltiges Kieselglas) ist nach **van Marum** u. a. besser zu E. Maschinen; übrigens zieht **van Marum** das französische vor.

Die ersten E. Maschinen hatten eine **Kugel**; ein **Kylinder** (von 4″ bis 12″ Durchm. 8″ bis 24″ Länge) ist aber besser, weil er das Reibezeug leicht genauer und in einer größeren Fläche berührt. Man überzieht die Kugel oder den Kylinder, das Anlegen der Feuchtigkeit zu verhüten, auf der inneren Fläche mit einem harzigen Gemisch (aus 1 Th. Pech, 4 Th. Terpentin, 1 Th. Wachs), und faßt sie an zwei einander gegenüberstehenden Seiten, am Kylinder an den beiden Grundflächen, an jeder in eine messingene oder hölzerne **Haube**, mit einem Kitte (aus 2 Th. Pech, 2 Th. Wachs, 1 Th. zerriebenem rothen Oker): jeder Seite giebt man in der Axe des Kylinders einen kylindrischen Zapfen, deren jeder in einem Zapfenlager des hölzernen Gestelles ruhet. Eine der beiden Hauben muß eine Oeffnung zum Luftwechsel, zur Erneuerung des Ueberzugs und zur Verhütung des Zerspringens haben. Es ist nicht gut, eine, zumal metallene Axe ganz durch-

gehen

gehen zu lassen, wegen der Ableitung von der inneren Fläche.

Die Axe des Kylinders legt man wagerecht auf ein Gestelle, das aus zweien hinlänglich starken, gut befestigten Säulen von trocknem Holze besteht, die mit Oelfarbe bestrichen und mit Harzfirniß überzogen sind. Jede dieser Säulen hat ein Zapfenlager. Besser isolirend sind starke Glassäulen, welche oben und unten in Kupfer oder Holz gefaßt sind.

Das Drehen des Körpers geschieht entweder unmittelbar mit einer Kurbel, die an der Axe des geriebenen Körpers angebracht ist, oder so, daß die Axe in einer Rolle läuft, welche durch ein unter ihr stehendes Rad von viel größerem Durchmesser mittelst einer Schnur, die um Rad und Rolle gezogen ist, bewegt wird, indem man dieses Rad mit einer Kurbel drehet. Bei der leztern Einrichtung muß man, weil die Länge der Schnur wandelbar ist, die Rolle durch Seitenschrauben am Gestelle erhöhen und erniedrigen können.

Das Reibezeug einer E. Maschine für Glas ist am besten ein zerriebener metallischer Stoff: nach Adams (*Essay on electricity*. Lond. 1784. p. 27.) **Musivgold**, d. h. geschwefeltes Zinn, oder ein **Amalgama** aus 5 Theilen Quecksilber, 1 Theile Zink; nach von **Kienmayer** (*Journal de Phys*. Aout. 1788. p. 96.) aus 2 Theilen Q., 1 Theile Zinn und 1 Theile Zink; (**Wolff** sezt noch so viel feines Silber zu, als das Q. verquicken kann;) es wird fein zerrieben dünn auf trocknes lohgares Leder gestrichen, das man der besseren Haftung wegen vorher mit etwas trocknem Schweinschmalz (nach **Wolff** mit Cacaobutter) sehr dünn überstrichen hat. **Wolff** läßt das Glas und Amalgama einander nicht unmit-

unmittelbar berühren, sondern legt zwischen das mit Bernsteinfirniß, dann mit dem Amalgama, bestrichene und polirte Leder und das Glas ein Stück feines weisses trocknes Papier. Wolff über die künstliche Elektricität im Ergänz. Heft zum XII. Band von Gilbert's Ann. S. 603. Zur Haltung des Leders dient ein ringsum abgerundetes Stück Blech, welches bei einer Scheibe platt, bei einer Kugel, Kylinder nach dem geriebenen Körper zu concav ist, und mittelst zweier Federn, die es gelind gegen den Kylinder andrücken, an einer hölzernen Unterlage befestigt ist, welche auf einer oder zwei mit Harzfirniß überzogenen Glassäulen ruhet, um isolirt zu seyn, wenn es die der Elektricität des geriebenen Körpers entgegengesetzte E. zeigen soll. An dem haltenden Bleche muß ein Oehr seyn, um eine Kette daran zu hängen, welche bis auf den Boden herabgeht, wenn das Reibezeug nicht isolirt seyn soll. Zwischen dem Leder ꝛc. und dem Bleche liegt zweckmäßig ein elastisches mit Pferdehaar ausgestopftes Küssen, das Reibezeug an den geriebenen Körper sanft anzudrücken; um die Ableitung des + E des Glases an das Blech des Reibezeugs zu verhüten, muß es von seidenem Zeuge, und sowohl höher als breiter, wie das Blech seyn; damit aber das — E des Amalgam's dem Bleche sich mittheile, muß das Leder am untern Rande des Küssens umgeschlagen, an dem Oehr des Blechs befestigt seyn. Das Küssen muß an jeder Seite wenigstens einen Zoll weit von der hölzernen Fassung des Glases abstehen, in welcher die Axe befestigt ist, um alle Leitung zu verhüten. Eben dazu müssen auch alle Spitzen an demselben vermieden werden. Von einem Rande des Leders (von dem, nach welchem hin der geriebene Körper gedrehet wird, bei Kylindermaschinen

also

also vom oberen Rande des Reibezeugs) lasse man nach Nooth (*Philos. transact.* LXIII. N. 35.) einen vier-eckigten an den Winkeln abgerundeten recht trocknen und nicht starren Lappen nicht zu dünnen seidnen Zeugs den geriebenen Körper bis beinahe dahin bedecken, wo der erste Leiter an ihm liegt. Dieses dient die Ableitung an die Luft zu hindern und die Capacität des geriebenen Körpers zu erhöhen (§. 954). Er muß ganz flach und dicht anliegen, auch da, wo er vom Rande des Reibezeugs ausgeht, und gar keine Falten schlagen. Will. Nicholson Beob. über die E. in den *Philos. transact.* LXXIX. Part. II. Uebers. in Gren's Journal der Phys. III. 1. S. 49.

An E. Maschinen wird gemeiniglich das ganze Gestell des Reibezeugs samt dem Küssen, Leder und dem eigentlichen Reibezeuge (hier Amalgama) das **Reibezeug** genannt.

Ungleich stärker, als die Kugel- und Zylindermaschinen, wirken die **Scheibenmaschinen**, bei denen statt jener eine dicke im Mittelpuncte mit Smirgel durchbohrte Glasscheibe gerieben wird. Man giebt einer solchen vier Reibezeuge, zwei obere und zwei untere (oder je zwei rechts und links), zwischen denen sie läuft. Die eiserne oder kupferne Axe derselben muß nicht unmittelbar mit der Scheibe in Berührung seyn, sondern in einer Hülse von sehr trocknem in Oel gesottnem Holze stecken, welches das Loch der Scheibe ausfüllt: auch die Scheibe, so weit es die Reibezeuge gestatten, mit Harz überzogen seyn. Da der erste Leiter hier unvermeidlich nahe an die Axe kommt, so ist es nöthig, das Gestell, welches die Axe trägt, zu isoliren, welches geschehen kann, indem man an jeder Seite das (kupferne) Zapfenlager auf zwei starken Glassäulen ruhen läßt. Die Reibezeuge bei einer Scheibenmaschine müssen

sen durch dicke Glassäulen isolirt seyn, welche von dem Gestelle, das die Scheibe trägt, abgesondert sind; und je zwei Reibezeuge, die einander gegenüber liegen, durch eine Schraube an die Scheibe angedrückt werden. M. van Marum *descr. des frottoirs electriques.* Haarlem 1789. 4. übers. in Gren's Journal der Phys. II. 2. S. 167. VI. 1. S. 70.

Diese Scheibenmaschinen sind zuerst 1760 von **Planta** (Allg. deutsche Bibl. Anh. zum 13—24. B. 1ste Abth. S. 549), nachher von **Ingenhouß** (verm. Schriften von **Molitor**. Wien 1784. 8. I. S. 172.) angewandt worden. Die größte bis jezt verfertigte Scheibenmaschine ist die von **Martin van Marum** (*Beschryving eener oongemeen groote Elektrizeermachine geplaatst in* Teyler's *Museum to Haarlem.* Haarlem 1785. 4. Uebers. Leipz. 1786. 4. Erste Forts. Leipz. 1788. 4. Ich habe hier allemal diese Uebers. unter dem Titel: **von Marum's** Beschreibung ꝛc. citirt.) beschriebene, von **John Cuthbertson** verfertigte, welche aus zwo Glasscheiben, jeder von 65″ engl. im Durchm. besteht, die 7″, 5 von einander abstehen. Nach ihrem Muster hat **Klingert** in Breslau die Maschine des Herzogs **Heinrich von Wirtemberg** verfertigt, welche sich zu Walisfort bei Glaz befindet. **Gilbert's** Ann. IV. 3. S. 359.

Maschinen von andern Stoffen.

Pickel's (*exp. phys. med. de electricitate.* Virceb. 1778. 8.) Scheibenmaschine von **gedörrtem Holz**; Reibezeug kurzhaarigtes Fell. **L. C. Lichtenberg's** (Mag. für das Neueste aus der Physik. I. [illegible] S. 83) **Tuchmaschine**, trommelförmig von schwa[illegible]n glatten Tuche über zwei kreisrunde hölzerne Scheiben gespannt; Reibezeug Kazenfell. **Walkier's de St. Amand** (ebend.

(ebend. III. 1. S. 118.) Maschine von Taffet; Reibezeug dasselbe. Mundt's Maschine von schwarzem glatten wollenen Zeuge (Tamys), das zwischen zwei Katzenfellen senkrecht auf und nieder gezogen wird. Gren's Journ. d. Phys. VII. S. 319.

G. C. Bohnenberger's Beschr. einiger Elektrisirmaschinen und elektrischer Versuche. Stuttg. 1783. 8. I—VI. Forts. Ebend. 1791. 8.

§. 984.

Um die E. des geriebenen Nichtleiters der Maschine sogleich an einem Leiter zu sammeln, dient der **erste Leiter** oder **Hauptleiter** (*Conductor* primus, principalis), am besten eine metallene Röhre, an beiden Enden mit hohlen kuglichten Knöpfen geschlossen, die etwas weiter, als die Röhre sind. Er muß gut isolirt seyn, damit man die E. der Maschine in ihm anhäufen könne.

Das Material zum ersten Leiter ist am besten Messingblech. Sehr große Leiter macht man aus Pappdeckel mit Zinnfolie überzogen.

Da es nicht nöthig ist, daß der erste Leiter durchaus solide sey, weil die Capacität sich nach der Oberfläche richtet (§. 953), so macht man der Leichtigkeit und der geringeren Kosten wegen denselben hohl. Er muß länglicht seyn (§. 968), so daß seine Länge sich zu seinem Durchmesser wenigstens wie 8 : 1 verhält; übrigens seine Größe der Größe des geriebenen Körpers angemessen, so daß er mit einigen Umdrehungen desselben schon stark genug elektrisirt werden kann, um in der Schlagweite einen Funken zu geben.

Am freien Ende setzt man an den großen kuglichten Knopf noch einen kleineren, welcher durch einen Stiel mit dem

dem großen zusammenhängt, zum Ausziehen stärkerer Funken, (indem durch diese Einrichtung das E des ersten Leiters beim Annähern eines andern sich in eine kleinere Fläche zusammenzieht.) Der Stiel ist am besten röhrenförmig, so daß man die Knöpfe abnehmen, und statt ihrer, wenn man das Spitzenlicht sehen will, Spitzen anstecken kann. Nach dem geriebenen Körper zu giebt man ihm eine (besser als einige) Spitze, damit er die E. aus demselben leichter annehme (§. 968). Uebrigens muß er gar keine spitzige Hervorragungen haben, sondern alles auf seiner Oberfläche wohl abgerundet seyn. Daher muß er auch oft von Staube gereinigt werden.

Für eine Scheibenmaschine muß der Theil des ersten Leiters, welcher der Scheibe zugewandt ist, zwiefach seyn, damit der eine diejenige E. aufnehme, welche die Scheibe hat, wenn sie beim Umdrehen an einer Seite zwischen den beiden oberen Küssen herabkommt, der andere diejenige, welche sie hat, wenn sie an der andern Seite zwischen den beiden untern Küssen hinaufgeht.

Er muß wohl isolirt seyn. Auf seidenen Schnüren ist er zu wackelnd: man befestigt ihn am besten mittelst eines blechenen Ansatzes, auf einer starken mit Harzfirniß überzogenen Glassäule, die in einem dicken Harzkuchen steckt, welcher mit einem Boden und einer Einfassung von dürrem Holz umgeben ist, das, damit es keine Feuchtigkeit anziehe, mit Oelfarbe angestrichen, mit einem harzigen Firniß überzogen worden und noch auf Glasfüßen ruhet. Bloßes Glas isolirt nicht genug, weil, wenn es kälter ist, als die umgebende Luft, leicht feuchter Dunst sich verdichtend daran legt.

Man muß sowohl den ersten als alle folgende Leiter, auch bei den Flaschen und Batterien, vor jedem Gebrauche recht

recht blank putzen, welches zur Leitung, Verstärkung der Funken ꝛc. viel beiträgt. Das vom sogenannten Anlaufen an der Luft entstandene Metalloxyd leitet viel schlechter als das Metall selbst.

§. 985.

Mit einer Glaselektrisirmaschine erhält man (§. 944) **am geriebenen Körper, wie am isolirten ersten Leiter**, + E, aber, wenn das Reibezeug isolirt ist, nach Verhältniß der Stärke der Maschine nur schwach; **am isolirten Reibezeuge** — E, aber, wenn der erste Leiter isolirt ist, nach demselben Verhältniß nur schwach. Um starkes + E **am isolirten ersten Leiter** zu erhalten, muß **das Reibezeug nicht isolirt** seyn, und demnach, wenn es auf Glassäulen ruhet, eine Kette von demselben bis auf den Boden herabhängen. Dadurch wird es möglich, daß das Reibezeug durch Vertheilung starkes — E erhält (§. 966), also auch starkes + E im geriebenen Körper erzeugt und dem Leiter mitgetheilt werden kann (§. 954). Eben so muß, um **am isolirten Reibezeuge** starkes — E zu erhalten, der **erste Leiter nicht isolirt** seyn ꝛc.

Vor dem jedesmaligen Gebrauche einer E. Maschine müssen der geriebene Körper, das Reibezeug, sein Küssen und sein seidener Lappen, der erste Leiter, die Gestelle, kurz alles, über einem Kohlfeuer wohl durchgewärmt werden, um alle Feuchtigkeit zu entfernen.

§. 986.

Auf die Erhöhung der Capacität eines Körpers durch Nähe eines Leiters (§. 954), die Eigenschaft der

der Nichtleiter, zwar die Mittheilung (§. 930), aber nicht die Vertheilung zu hindern (§. 966), und das Bestreben der +E und —E sich mit einander zu vereinigen, gründet sich die Wirkung der **elektrischen Verstärkungsflasche**, welche auch die **Kleistische** oder **Leidensche** Flasche (*Phiala Leidensis*, Bouteille electrique) heißt. Das Wesentliche dieses Werkzeugs besteht aus einer dünnen nichtleitenden Platte, welche auf beiden Seiten (größten Flächen) mit leitenden Platten so belegt ist, daß zwischen diesen beiden keine Mittheilung Statt finden kann: die gewöhnliche und für die meisten Fälle bequemste Einrichtung desselben besteht darin, daß eine gläserne Flasche bb (Tab. VII. fig. 131.) auf ihrer inneren und auf ihrer äusseren Fläche mit dünnen Metallplatten (Zinnfolie) mm, nn, belegt ist, so daß am Rande ein hinlänglicher Theil der Glasfläche frei bleibt. Doch thut die kylindrische und hohle Gestalt nichts zur Hauptsache und die **Franklinschen Tafeln**, ebene Glasplatten, die mit Zinnfolie der Goldpapier belegt sind, wirken auf gleiche Weise.

Den Namen: **Kleistische Flasche**, hat dieses Werkzeug von dem Domdechanten von Kleist zu Camin in Pommern, welcher am 11. Oct. 1745 die den menschlichen Körper erschütternde Wirkung desselben entdeckte; **Leidensche Flasche**, weil Lunäus in Leiden zu gleicher Zeit dieselbe Entdeckung machte und fast zu gleicher Zeit Musschenbroek ebendaselbst, wenigstens sie verfolgte. Kleist's Entdeckung wurde von Gralath in Danzig

(Abh. der naturforsch. Gesellschaft in Danzig. I. 1747. S. 512.) bekannt gemacht, und der Apparat dazu von demselben verbessert. Priestley's Gesch. der Elektr. Deutsche Ueb. S. 53.

Die Franklinschen Tafeln wurden zwar zuerst von Bewis in England 1747 (*Philos. Transact.* n. 485. p. 93.) angegeben, werden aber doch gewöhnlich nach Franklin genannt, weil dieser solche Tafeln zu vielen lehrreichen Versuchen angewandt hat.

Das Glas zu diesen Werkzeugen muß von gleicher Dicke, durchaus vollkommen verglaset, ohne Steinchen und Blasen seyn, damit es nicht bei starker Ladung durchschlagen werde. Die Dicke desselben muß übrigens im Verhältniß zu der Stärke der Maschine seyn: dünnes wird von der Wirknng einer starken Maschine leicht durchschlagen, und dickes kann von einer schwachen Maschine schwer oder gar nicht geladen werden. Bohnenberger's Beitr. zur Elektricitätslehre. I. S. 1.

Die kylindrischhohle Gestalt der Flaschen hat den Nutzen, daß man mittelst eines Stabes in jeder einzelnen Flasche mehrere mit einander bequemer zu einer Batterie verbinden kann; auch sind die Belegungen sicherer von einander abgesondert, und eine Batterie von Flaschen nimmt weniger Flächenraum auf der Unterlage ein. Zu kleinen Flaschen können genannte kylindrische Arzneigläser mit engem Halse dienen, zu größeren Zuckergläser oder auch ganz kylindrische.

Man überziehe die innere und äussere Fläche sowohl des Bodens als der krummen Wand am besten mit Zinnfolie, welche mit Gummiwasser angeklebt wird. Bei enghalsigten Flaschen befeuchte man die innere Fläche mit diesem Wasser und schüttle Messingspäne so darin herum,

herum, daß diese die innere Fläche bedecken. Ausserdem fülle man den untern Theil des inneren Raums locker mit größeren Schnitzeln von Zinnfolie oder Goldpapier an. Sowohl inwendig als auswendig lasse man nach dem Rande zu eine Fläche von 2″ bis 4″ breit unbedeckt, und überziehe den Rand der Belegungen, zu mehrerer Befestigung und das Anlegen der Feuchtigkeit zu verhüten, mit einem harzigen Firnisse. Die Mündung der Flasche wird bei enghalsigten mit einem trocknen und mit Wachs getränkten Korkstöpsel, bei weithalsigten mit Pappdeckel, der mit Harz überzogen worden, geschlossen. Durch die Mitte des Stöpsels oder Deckels bringe man einen starken Messingdrath, welcher unten umgebogen und in einige Aeste getheilt bis zur innern Belegung reicht; das äussere Ende desselben, welches, um von der äussern Fläche weit genug entfernt zu seyn, wenigstens 8″ hoch über der Mündung emporragen muß, besetze man mit einer hohlen Blechkugel (Entladungsknopf) a, etwa 9‴ im Durchmesser, um bequem aus der innern Belegung den verstärkten Funken ziehen zu können.

Die Tafeln scheinen bei gleicher Größe der belegten Flächen stärker als die Flaschen zu wirken. Man nehme zu ihnen die dünnsten Spiegelplatten und belege sie auf beiden Seiten mit Zinnfolie, so daß am Rande ein 2″ bis 4″ breiter Flächenraum frei bleibt.

Die Breite der unbelegt bleibenden Fläche muß sich nach der Stärke der Maschine richten, mit welcher die Flaschen und Tafeln geladen werden.

Beccaria's Masse aus Colophonium und gepulvertem Marmor statt des Glases.

§. 987.

Wenn der innern Belegung einer solchen Flasche, welche vermöge der Einrichtung derselben isolirt ist, + E gegeben wird, während die äussere derselben nicht isolirt ist, so entsteht in der äussern in eben dem Maasse — E, in welchem in der innern + E entsteht (§. 952). Dadurch wird (§. 955) die Capacität der innern Belegung erhöhet, und sie nimmt nach Verhältniß ihrer Oberfläche eine große Quantität +E auf, ohne daß dieses zum — E der äussern Belegung gelangen kann, weil beide durch Glas getrennt sind. Wird der innern Belegung — E gegeben, so gilt dasselbe mit entgegengesetzten Zeichen. Sie heißt in diesem Zustande **geladen**; ihr Zustand die **Ladung**.

Man verrichtet dieses Laden am leichtesten, indem man, wenn die innere Belegung + E erhalten soll, den Knopf des ersten Leiters an den isolirten ersten Leiter einer fortdaurend gedrehten Elektrisirmaschine, und, wenn die innere Belegung — E haben soll, an das isolirte Reibezeug derselben stellt (§. 985), während die äussere Belegung nicht isolirt ist. Man kann sie in der Hand halten, oder auf den Tisch stellen rc. Es ist dabei einerlei, ob man den Kopf unmittelbar an den Leiter rc. oder um die Schlagweite von ihm entfernt stellt (§. 180). Je länger man sie bei fortdauerndem Drehen an den Leiter rc. hält, desto stärker wird sie geladen, bis auf das Maximum, welches sie nach ihrer Capacität annimmt.

Wenn die äussere Belegung isolirt ist, so kann die Flasche nicht geladen werden, weil dann in der äussern Belegung die

die Vertheilung (§. 952) nicht vor sich gehen kann (§. 966). Sie muß daher nicht isolirt und zwar durch gute Leiter mit dem Erdboden in Verbindung seyn.

Wenn man die Flasche, isolirt, mit dem Knopfe der innern Belegung in die Schlagweite des erstern Leiters stellt, und dann einen andern nicht isolirten Knopf oder den Knöchel der Hand in die Schlagweite der äussern Belegung bringt, so geht, wie aus dem ersten Leiter ein Funken in die innere Belegung schlägt, jedesmal auch einer aus der äussern Belegung in den andern Knopf, oder den Knöchel. So wird die Flasche ebenfalls geladen. Zieht man die Funken aus der äussern Belegung mit dem Knopfe einer zweiten nicht isolirten Flasche, so wird diese auf ihrer innern Belegung eben das E erhalten, welches die erste auf ihrer innern erhält. So kann eine Reihe mehrerer Flaschen zugleich geladen werden. Dieses Verfahren dient auch, die Theorie der Flasche zu erklären.

§. 988.

Sowohl das +E als, wenn die geladene Flasche isolirt gestellt wird, das —E, zeigen, jedes einzeln nach Verhältniß ihrer Quantität nur geringe Intentensität, weil sie vermöge der Nähe einander binden (§. 954). Aber das +E und —E beider Belegungen bestreben sich zusammen zu kommen und sich wechselseitig zur Indifferenz herzustellen (§. 950). Diese Herstellung, welche man die Entladung der Flasche nennt, erfolgt, sobald ein Leiter, der mit der äussern Belegung in Verbindung ist, die innere Belegung berührt. Der ganze Leiter hat das E der äussern Be-

Belegung, (gewöhnlich —E,) indem das —E der äussern Belegung ihm mitgetheilt wird. So wie sein inneres Ende dem Entladungsknopfe der innern Belegung (welche gewöhnlich +E hat,) nahe genug (in die Schlagweite) (§. 963) kommt, so erfolgt plötzlich die **Entladung** der Flasche, d. h. das ganze +E der innern Belegung vereinigt sich mit dem —E der äussern, so daß der indifferente Zustand wieder hergestellt wird. Dabei entsteht der vorzugsweise sogenannte elektrische **Schlag** (§. 161), und erscheint dem Auge als der **verstärkte elektrische Funken**, welcher hier unter übrigens gleichen Umständen zwar **kürzer** ist, als der einfache (§. 978) zwischen +E und —E zweier unverbundener Körper, weil hier die +E und —E beider Belegungen einander binden, und erst in kleinerer Schlagweite die Entladung gestatten, aber bei voller Ladung die Wirkungen der Elektricität in viel **höherem Grade** hervorbringt, weil hier die Quantität des E nach Verhältniß der Oberfläche (eben wegen der wechselseitigen Bindung) viel größer ist, als sie ohne diese werden kann.

Verstärkung der Wirkung einer Flasche durch schwache Befeuchtung (Anhauchung) ihrer innern unbelegten Fläche. **Cuthbertson** in Gilbert's Ann. III. 1. S. 3.

§. 989.

Wir nennen bei dieser Vorrichtung die innere Belegung, die äussere Belegung, und den Leiter, wel-

welcher sie bei der Entladung in Verbindung setzt, die Entladungskette. Wenn in ihr (wir nehmen hier fürs erste alles in der gemeinen Luft an) eine Reihe mehrerer Leiter sich befindet, deren jeder nicht mehr als um die Schlagweite (§. 963) vom folgenden entfernt ist, so entstehen so viele Funken, als Zwischenräume sind. Jeder dieser Leiter erhält an dem Ende, welches der innern Belegung zugewandt ist, ein E (+E), an dem, welches der äussern zugewandt ist, das entgegengesetzte (—E) (§. 957) indem hier die Vertheilung doppelt, von beiden Belegungen aus, auf die Leiter wirkt. So giebt jeder dieser Leiter bei der Entladung der Flasche, sein +E nach einer Seite, sein —E nach der andern ab.

Es wird jedoch, wenn die völlige Entladung durch eine Reihe von mehreren Leitern geschehen soll, erfordert, daß sie alle stark leiten, (wie Metalle, menschliche Körper —) und der Länge nach in der Kette liegen, oder doch einander länglichte Hervorragungen zuwenden. Die Entladung erfolgt nur sehr unvollkommen, wenn ein Leiter den Knopf der innern Belegung berührt, der mit der äussern nur durch den Fußboden, die Füsse und das Blatt des Tischs, ꝛc. in Verbindung steht.

Verschiedene elektrische Spielwerke: leuchtende Namen, Bilder, ꝛc. aus einzelnen Stanniolblättchen auf Glas geklebt bestehend, durch welche man im Dunkeln elektrische Funken schlagen läßt.

§. 990.

Auf diese Weise kann die elektrische Entladung durch einen langen oder auch mehrere Leiter in weite

ne Entfernung hinaus sich erstrecken, und die Wirkung setzt sich dabei so schnell fort, daß man in beträchtlichen Entfernungen die Zeit kaum bestimmen kann.

Man muß sich aber dabei die Leitung nach §. 989, und nicht so vorstellen, als ob derselbe Funken, welcher am Knopfe der innern Belegung entsteht, sich selbst durch einen langen Leiter oder eine Reihe von mehreren Leitern fortsetzte.

§. 991.

Die Wirkung der verstärkten Elektricität bei gleicher Ladung jedes Puncts der geladenen Fläche dieser Vorrichtung muß desto stärker seyn, je größer die Fläche ist, welche auf einmal entladen wird. Daher verbindet man, um vorzüglich starke Wirkungen hervorzubringen, mehrere Flaschen (§. 986) mit einander zu einer sogenannten elektrischen Batterie. Man richtet dazu den Stab der innern Belegung ein, führt einen Verbindungsstab durch die Stäbe je zweier oder mehrerer Flaschen, und setzt an einer Ecke des Ganzen (bei sehr großen Batterien in der Mitte) einen Entladungsknopf an. Um auch die äussern Belegungen zu verbinden, stellt man die Flaschen auf ausgebreitetes dünnes Messingblech oder Staniol, oder stellt noch besser je sechs oder zwölf in einen hölzernen Kasten, der inwendig und besser auch auswendig mit Zinnfolie überzogen ist. Mehrere solche Batterien lassen sich, je zwei und zwei, und so alle mittelbar mit einander ver-

verbinden. Zur Verbindung der innern Belegungen dient je zwischen zweien ein aufwärts gebogener dicker Drath, zur Verbindung der äussern eben so ein Zinnfoliestreifen, der platt aufliegt. Um eine Batterie zu **laden**, legt man vom ersten Leiter einer E. Maschine aus einen Stab an irgend einen Verbindungsstab der innern Belegung, und läßt die Maschine so lange drehen, als zur Ladung nöthig ist. Um eine Batterie **auszuladen**, darf man mit einem Ende des **Ausladers** nur die metallene Unterlage der äussern Belegung, (die Wand des Kastens,) berühren, und das andre Ende an den Entladungsknopf bringen. Vermöge des mittelbaren Zusammenhangs der Belegungen aller Flaschen erfolgt die Entladung durch Berührung dieses einzigen Entladungsknopfs aus der ganzen Batterie, und wenn mehrere mit einander verbunden sind, aus allen auf einmal.

Die gewöhnliche Verbindung mehrerer Flaschen besteht darin, daß der Stab jeder Flasche oben in ein Oehr umgebogen ist, und durch alle Oehre einer Reihe ein Stab queer durchgesteckt wird, dann wieder jeder solche Queerstab irgendwo ein Oehr hat, und ein Stab durch die Oehre aller Queerstäbe gesenkt wird, der alle Reihen verbindet. Die Enden der Stäbe haben kleine Knöpfe, nur um das Ausströmen zu verhüten. An meiner Batterie habe ich je zwei Flaschen durch einen gebogenen Stab, und je zwei Reihen wieder durch einen gebogenen Stab verbinden lassen.

Wenn der Kasten nicht auswendig mit Metall überzogen ist, so muß wenigstens ein Streifen Stanniol nach der äus-

äussern Fläche herübergehen, um das eine Ende des Ausladers daran zu setzen.

Die Größe einer Batterie und die davon zu erwartende Wirkung schätzt man nicht nach der Zahl der Flaschen, sondern nach der Größe der Belegung. Die Batterie zu der großen Maschine (§. 983) im Taylorschen Museum hatte 225, nachher 550 Quadratfuß. Gren's Journal der Phys. VI. 1. S. 82. Gilbert's Annalen der Phys. I. 1. S. 68.

Nöthige Vorsicht beim Laden, damit nicht bei Ueberladung ein Schlag (§. 961) durch irgend eine schwächere Stelle des Glases gehe, und dasselbe durchbohre.

Da zu jeder Bewegung Zeit erfordert wird und die elektrische Entladung doch ohne Zweifel in einer gewissen Bewegung besteht, so ist leicht einzusehen, warum, wenn nach der Entladung die Leitung zwischen der äussern und innern Belegung sogleich aufgehoben wird, noch einige Ladung (*Residuum*) in der Flasche zurückbleibt.

§. 992.

Der gewöhnliche Auslader zum bloßen Ausladen einer geladenen Flasche oder einer Batterie besteht aus einem gekrümmten Messingdrathe, an beiden Enden zugespitzt und mit kuglichten Knöpfen besetzt, welche abgenommen werden können, in der Mitte in einem hölzernen Stiele befestigt, der eine gläserne Handhabe hat, damit die Hand des Experimentators gesichert sey. Bei dem Ausladen setzt man den einen Knopf an die äussere Belegung, und nähert dann den andern dem Knopfe der innern. Wegen der ungleichen Entfernung des Knopfs der

innern

innern Belegung von der äussern bei Flaschen von verschiedener Größe muß der Drath vor dem Gebrauche in die passende Krümmung gebogen werden, oder besser besteht der ganze Bogen aus zwei Hälften, die in der Mitte in ein Gewinde mit starker Reibung verbunden sind. — Je stärker die Batterie, desto länger muß der Auslader seyn, um Zerspringen der Gläser zu verhüten.

Der medicinische Auslader, ein dicker Drath, dessen eines Ende durch eine Kette mit dem Reibezeuge einer E. Maschine, (oder mit der äussern Belegung einer Flasche,) verbunden ist, dessen anderes Ende eine Spitze hat, auf die ein Knopf gesteckt werden kann, um damit auf einen isolirten Menschen, der mit dem ersten Leiter (oder mit der innern Belegung) vor der Ladung verbunden worden, zu wirken, das Spitzenlicht auf ihn strömen zu lassen, Funken aus ihm auszuziehen, ihm die elektrische Erschütterung mitzutheilen. Damit der Operateur nichts leide, hat der Metalldrath ungefähr in der Mitte eine gläserne Handhabe.

Henly's allgemeiner Auslader dient, den elektrischen Funken einer Batterie durch einzelne Körper gehen zu lassen. Auf einem Brette stehen in einer Entfernung von 5'' bis 6'' (für starke Batterien in größerer Entfernung) zwei Glassäulen, deren jede an ihrem obern Ende einen durchlöcherten Knopf hat. Durch das Loch jedes Knopfs geht eine Glasröhre, in welcher ein metallener Stab steckt. Beide metallene Stäbe stehen auf diese Weise in einer geraden Linie; durch Verschieben kann man den Zwischenraum zwischen ihnen vergrößern und verkleinern und, wenn jene Knöpfe jeder in einem

Ge-

Gewinde und zugleich in einer Hülse beweglich sind, auch ihre Richtung sowohl in einer senkrechten als in einer wagerechten Ebene ändern. Der eine Stab hat am äussern Ende einen Haken zum Einhängen einer Kette von der äussern Belegung, der andere einen Knopf, um den Funken aus dem Knopfe der innern Belegung zu ziehen. Bei dem Gebrauche stellt man Kartenblätter, Glasscheiben, ein Ei, rc. zwischen die inneren Enden der Stäbe, befestigt Metalldräthe mit Baumwachs und Fäden an diesen inneren Enden. Wie ein Funken zwischen dem Knopfe des einen Stabs und dem Entladungsknopfe der Flasche entsteht, so entsteht sogleich ein zweiter zwischen den innern Enden der Stäbe des Ausladers, und dieser ist es, der die Entzündung, Durchbohrung u. s. w. bewirkt.

§. 993.

Bei dem Gebrauche der Flaschen und Batterien dient, um die Stärke der Ladung zu schätzen, **Henly's Quadranten-Elektrometer** (§. 982); ausserdem dienen hier die **Auslade-Elektrometer**, welche theils dazu dienen, die Stärke verschiedener Ladungen zu vergleichen, theils dazu, Entladung gerade dann zu bewirken, wenn die Ladung eine gewisse Stärke erreicht hat.

Lane's Auslade-Elektrometer. *Philos. Transact.* LVII. p. 451. **Cavallo** von der E. I. S. 159. Dem Knopfe der innern Belegung einer Flasche kann ein mit der äussern Belegung in Verbindung stehender Knopf in bestimmter Entfernung genähert und fest gestellt werden; je kleiner diese Entfernung ist, bei desto geringerer Ladung erfolgt schon die Entladung. (Vorzüglich bei der medi-

medicinischen Elektricität brauchbar, die Stärke der Schläge zu bestimmen.) Von viel allgemeinerer Brauchbarkeit ist von Hauchs verbessertes Auslade-Elektrometer, welches den Namen eines Meters, die Stärke nach Gewichten messend, wirklich verdient. Eine feststehende Kugel hebt eine auf ihr liegende durch die elektrische Abstoßung und dadurch den Arm eines Wagebalkens, an dessen Ende diese Kugel befestigt ist. Gren's n. Journal der Physik. I. 4. S. 347.

Cuthbertson's E. M. welches Henly's Quadranten-E. M., Lane's Auslade-E. M. und Brooke's Wage-E. M. vereinigt. Gilbert's Annalen. III. 1. S. 6.

§. 994.

Eine geladene Flasche, auch eine Batterie, kann allmälig, ohne eigentlichen Schlag, entladen werden, wenn der Leiter, welcher dem Knopfe der innern Belegung genähert wird, eine Spitze hat (§. 968).

Langsame Entladung zweier Flaschen, deren eine + E, die andere — E hat, durch die elektrische Spinne (§. 971).

§. 995.

Die plötzliche Abgabe einer großen Quantität von + E auf einer — E auf der andern Seite bei dem elektrischen Schlage (§. 961) kann nicht ohne eine heftige Bewegung in den Körpern erfolgen, welche in der Entladungskette liegen. Wenn die Stärke der dabei wirkenden E. nach Verhältniß der Masse und Stärke eines Körpers, auf den sie wirkt, hinlänglich groß ist, so wird seine Cohäsion (§. 161) zerstört, auf ähnliche Weise, wie bei dem Ausbruche einer Luft (§. 395).

Durch-

Durchbohrung eines Pappdeckels, mehrerer auf einander liegender Kartenblätter, Zerschlagung der Schaale eines Eies, durch den Henlyschen Auslader, einer engen Glasröhre, in welcher die Enden zweier Dräthe in einiger Entfernung von einander stecken, und deren einer mit dem + Drathe, der andere mit dem — Drathe des Henlyschen Ausladers in Verbindung steht; Zerschmetterung zweier auf einander liegender Glasscheiben auf dieselbe Weise.

§. 996.

Diese heftige Bewegung empfindet ein Mensch, (ohne Zweifel eben so ein anderes Thier,) wenn er selbst als Leiter in der Entladungskette dient. Sie wird **elektrischer Stoß** oder **elektrische Erschütterung** genannt, und ist eben diejenige Wirkung, welche man (§. 986) an der geladenen Flasche zuerst beobachtet hat.

Schon die Wirkung von einer einen halben Quadratfuß Belegung habenden mäßig geladenen Flasche verursacht, wenn man sie mit den beiden Händen entlädt, eine unwiderstehliche und schmerzhafte Erschütterung in beiden Armen, besonders in den Ellenbogengelenken ꝛc. bei der man, wie von einem Stoße, gezwungen wird, die Arme zu zucken. Von stärkerer Ladung geht eine schmerzhafte Erschütterung durch die Brust und den Bauch. Ist diese Wirkung nach Verhältniß des Organismus, den sie trifft, stark, so kann sie lähmen, ja plötzlich tödten. Mäuse, Singvögel, ꝛc. kann man mit einer kleinen Batterie erschlagen.

Auch Pflanzen, selbst Bäume, werden durch starke el. Schläge getödtet. S. Gilbert's Annalen I. 3. aus

van

van Marum's *seconde continuation des exp.* S. oben S. 171.

Wenn ein Mensch eine Flasche unmittelbar entladen will, so muß er mit einem Theile seines Körpers erst die äussere Belegung berühren, und, indem diese Berührung fortdauert, einen andern Theil an den Knopf bringen. Gewöhnlich pflegt man mit einer Hand die äussere Belegung zu umfassen, dann mit der andern den Knopf der innern zu berühren. Um den Schlag durch mehrere Menschen zu leiten, fasset der erste mit einer Hand die äussere Belegung der Flasche, mit der andern eine Hand des zweiten, die folgenden fassen alle einander bei den Händen an, und der lezte berührt mit seiner freien Hand den Knopf der Flasche.

Franklin's Zaubergemälde, Verschwörung ꝛc. Cavallo von der Elektricität. I. S. 236.

Die bloße äussere Belegung einer geladenen Flasche kann man ohne Wirkung anfassen, so lange man entfernt genug von der innern Belegung bleibt. So kann man auch die Flasche laden lassen, indem man sie in der Hand hält. Eben so den Knopf der innern Belegung, wenn die äussere isolirt ist. Aber den Knopf der innern Belegung einer stark geladenen und aussen nicht isolirten Flasche kann man nicht anfassen, ohne einige Entladung zu bewirken, theils weil der menschliche Körper ein guter und großer Leiter ist, theils weil man doch durch den Fußboden, Tisch ꝛc. mit der äussern Belegung in Verbindung steht. Daher muß man sich bei einer Batterie sehr in Acht nehmen, dem Entladungsknopfe nicht zu nahe zu kommen: selbst nach einmaligem Entladen, wegen des Residuums (§. 991).

§. 997.

§. 997.

Eine davon verschiedene Wirkung ist die, in welcher der elektrische Funken als ein Feuer (§. 675) wirkt. Er entzündet brennbare, und schmelzt strengflüssige Stoffe, die sich in der Entladungskette befinden.

Alkohol (vorher etwas erwärmt), Naphtha, entzünden sich schon durch den einfachen Funken, wenn sie in einem metallenen Gefäße stehen, das mit dem isolirten ersten Leiter in Verbindung ist, gleichviel, ob dieser + E oder — E hat, und in einen genäherten nicht isolirten Leiter ein Funken durch das Liquidum schlägt, oder umgekehrt. Schießpulver entzündet sich durch den Funken einer Flasche von kaum einem Quadratfuß Belegung, wenn es über zwei zugespitzten, einander die Spitzen zukehrenden, Zinnfoliestreifen liegt, deren einer mit der äussern Belegung in Verbindung ist, der andere mit einem Knopfe, welcher nach geschehener Ladung dem Entladungsknopfe der Flasche genähert wird. Eben dieser Funken zündet lockere trockne Baumwolle, Colophonium auf diese gestreut ꝛc. Zunderschwamm erfordert schon eine stärkere Ladung, entzündet sich aber dann an seinen faserigen Kanten vermöge des Spitzenlichts. Dünner Eisendrath in dem Henlyschen Auslader befestigt (§. 992), wird durch einen schwächeren Funken der Batterie auf der ganzen Oberfläche glühend und oxydirt; durch einen stärkeren schmilzt er zu Kügelchen. Dünner Drath von Blei, Zinn, Silber, Gold, schmelzen schon bei schwächeren Batteriefunken; wenn sie zwischen Glasplatten liegen, werden sie als Oxyde ins Glas geschmolzen; frei in der Luft ausgespannt, gehen sie im Verbrennen in Rauch auf. Platina

tina zu feinem Drathe gezogen, erfordert einen sehr starken Batteriefunken.

Sehr merkwürdig und noch nicht erklärt ist es, wie der elektrische Funken, durch Metalloxyde (Bleioxyd, Quecksilberoxyd) geleitet, sie auch wieder zu Metallen herstellt. van Marum's Beschreibung ꝛc. S. 37. Seconde contin. Aus dieser in Gilbert's Ann. I. 3. S. 271.

§. 998.

Man muß bei dieser Wirkung des elektrischen Funkens diejenige Hitze, welche während der Verbrennung (durch Entbindung der Wärme aus der Luft) erfolgt, wohl unterscheiden von der, vermöge welcher die Verbrennung beginnt. Die leztere ist die Hitze des elektrischen Funkens selbst, welche sich auch dadurch offenbart, daß ein Thermometer (§. 819) im elektrischen Funken steigt. Dieses Steigen erfolgt aber nur in dem Zwischenraume zweier Leiter, in welchem der Funken entsteht, hingegen ist an einem Leiter selbst, wenn er auch stark elektrisirt wird, keine Erwärmung zu bemerken.

Adams *essay on electricity*. Lond. 1785. p. 384. Van Marum's Versuche zum Erweise, daß im elektr. Fluidum Wärmestoff zugegen ist, in Gren's neuem Journal der Phys. III. S. 1. auch Gilbert's Annalen der Phys. I. 2. S. 247. Ein Thermometer stieg an einem Leiter von Kupfer, von Holzkohlen, nicht, wenn er 10 Min. lang an der großen Maschine (§. 983) elektrisirt wurde. Aber im Zwischenraume zweier metallener (noch besser hölzerner) Kugeln stieg es auf

102°. In der Guerikischen Leere stieg es auf 152°, zum Beweise, daß es nicht die Luft sey, aus welcher die Wärme frei wird.

Bunzen beobachtete auch bei der Wirkung einer Volta'schen Säule von 1500 Lagen zwischen den beiden Leitern beider Pole im Wasser Erhöhung der Temperatur von 14° bis 23° R. in Salmiakauflösung bis 38° R. Gilbert's Ann. XXV. 2. S. 152.

§. 999.

Gemeine **Luft** wird durch den elektrischen Funken **ausgedehnt**, wie man an eingesperrter wahrnehmen kann, durch welche elektrische Funken schlagen, zieht sich aber nachher allmälig in ihr voriges Volumen wieder zusammen.

Kinnersley's **elektrisches Luftthermometer**. Eine senkrecht stehende Glasröhre, an beiden Enden mit Messingplatten geschlossen: durch beide gehen die Leiter, deren Knöpfe im Innern der Röhre, welches gemeine Luft enthält, um die Schlagweite aus einander stehen; im untern Theile der Röhre etwas Wasser; durch die obere Platte geht eine enge Glasröhre, welche bis in das Wasser ragt. Vergl. §. 815 fgg. Priestley's Gesch. der Elektricität, übers. von Krünitz. S. 178.

§. 1000.

Der elektrische Funken, sowohl der verstärkte, als der einfache, entstehen unter den Umständen, unter denen sie in der gemeinen Luft sich zeigen, auch in allen jenen **Gasarten** (§. 181. 380. 383). Einige derselben erleiden dadurch bleibende Vermehrung, andere bleibende Verminderung ihres Volumens

mens und einige scheinen auch materielle Veränderungen zu erleiden.

Van Marum's Versuche über die Veränderungen, welche der elektr. Stral in den verschied. Luftgattungen hervorbringt, in s. Beschreibung rc. S. 27. 1ste Forts. S. 39.

§. 1001.

Obwohl der verstärkte Funken (§. 989) unter übrigens gleichen Umständen viel mächtiger wirkt, als der einfache (§. 978), so kann doch bei starker Elektricität schon der **einfache** Funken eben das bewirken, was bei schwacher der **verstärkte** bewirkt, weil ein starkes +E in den sich ihm nähernden Körpern auch ein starkes —E bewirkt, und umgekehrt.

Bei einer starken Maschine empfindet man schon eine sehr schmerzhafte Erschütterung, wenn man nur einen einfachen Funken aus dem ersten Leiter ziebt, und schon dieser einfache Funken schmilzt Goldblättchen rc.

§. 1001. b.

Uebrigens zeigen diese Erscheinungen, daß der Gegensatz der E. **nicht bloß**, wie der des Magnetismus, **nach der Länge** (§. 905), sondern auch **nach der Breite** (oder eigentlich **nach der Dicke**) erfolge, so daß wenn +E auf einer der beiden Seiten (größten Flächen) einer Platte (eines Körpers, dessen Dicke zu seiner Länge und Breite ein kleines Verhältniß hat), Statt findet, dann —E auf der entgegengesetzten entsteht, und umgekehrt.

§. 1002.

Bei der Entladung einer Flasche, ꝛc. oder Batterie geht der Uebergang des +E zum —E allemal durch die **besten Leiter**, und bei gleich guten Leitern nimmt er den **kürzesten Weg**.

§. 1003.

Genauere Untersuchungen der bei dieser verstärkten E. dienenden Vorrichtungen haben gelehrt, daß bei dem Laden einer Flasche oder Tafel die **Ladung** nicht sowohl in einer Ladung der Belegungen, als in einer Ladung der einander entgegengesetzten **Flächen des Nichtleiters** selbst bestehe.

Man kann dieses beweisen, indem man in eine enghalsige Flasche Schrot schüttet, einen Drath hineinsteckt, auswendig Zinnfolie locker mit Wachs anheftet, die Flasche lädt, dann auf einen Harzkuchen stellt, die äussere Belegung behutsam mit einem Glasstabe abnimmt, das Schrot ausschüttet, anderes Schrot einschüttet, eine andere Belegung anheftet und dann die Flasche noch geladen findet. Es muß dabei die Flasche immer nur am Halse mit einem seidenen Lappen angefaßt werden, und die Atmosphäre sehr trocken seyn.

Wenn eine Glastafel nur auf einer Seite gerieben wird, und dadurch auf dieser + E erhält, so erhält sie eben dadurch auf der andern — E. **Van Marum** in **Gilbert's** Ann. I. 3. S. 277.

Wilke (*de electricitatibus* contrariis. Rostoch. 1757. 4. von den entgegengesetzten Elektricitäten in den Schwed. Abh. 24. Th. S. 271.) hat auf eine lehrreiche Weise gezeigt, wie die Belegungen der Leidenschen Flasche sich

zu

zu einander verhalten, indem er (Tab. VII. fig. 132.) die Belegungen so einrichtete, daß dieselben isolirt abgenommen werden konnten. C sey eine Tafel von Spiegelglas, A und B Zinnplatten, um 3″ im Durchmesser kleiner, als die Glastafel, jede habe einen gläsernen mit Harzkitt angehefteten Handgriff. Man setze (nachdem alle wohl erwärmt und ausgetrocknet sind) beide Zinnplatten an die Glastafel, B unten, C darauf, dann A auf C, so daß die Zinnplatten weit genug vom Rande der Glastafel entfernt sind, und lade die obere Platte A mittelst eines aufgesetzten metallenen Glöckchens mit + E, indem die untere B nicht isolirt ist. Man entlade das Werkzeug (§. 992); nach der Entladung zeigen beide Zinnplatten auf der Glastafel liegend kein E. Aber man nehme sie ab; so wird die obere Platte — E, die untere + E zeigen, und beide werden einander einen Funken geben. Man lege die Platten wieder auf, entlade sie von neuem: so kann man dies mehreremale wiederholen.

Wir erklären dieses nach dem Gesetze der Vertheilung (§. 9[illegible]2). Nach der Ladung hat die obere Fläche der Glastafel + E, die untere — E. Das + E der obern Fläche bindet das — E der obern Metallplatte, daher hat die obere Metallplatte auch + E. Eben so bindet das — E der untern Fläche das + E der untern Metallplatte; daher hat die untere Metallplatte auch — E. Durch die Entladung verliert die obere Platte ihr + E; ihr — E bleibt, so lange sie dicht auf der Tafel liegt, gebunden: die untere Platte verliert durch die Entladung ihr — E, ihr + E bleibt, so lange sie dicht unter der Tafel liegt, gebunden. Wie aber beide Platten von der Tafel getrennt werden, so zeigt die obere Platte freies — E, die untere freies + E.

Zinn-

Zinnplatte	+ E — − E	
Glastafel	+ E − E	
Zinnplatte	+ E − E —	

Hieher gehört auch Beccaria's sogenannte sich selbst wiederherstellende Elektricität (*Electricitas vindex*): G. Beccaria *exp. atque obs. quibus electricitas vindex late constituitur.* Aug. Taurin. 1769. 4. Cavallo von der E. II. S. 188.

Lichtenbergische Figuren (§. 975) auf belegten Glastafeln. Remer in Gilbert's Ann. VIII. 3. S. 326.

§. 1004.

Aehnlichkeit mit Wilke's Vorrichtung zur Erklärung der Wirkung einer geladenen Flasche (§. 1003) hat ein für Theorie und Praxis bei der E. wichtiges Werkzeug, Volta's beständiger Elektricitätsträger oder **Elektrophor** (*Elettroforo perpetuo* ital.), welcher aus drei Haupttheilen besteht: 1) dem **Kuchen**, einer dünnen (2''' bis 3''' dicken) platten runden Scheibe von Harz, 2) der **Form** oder dem **Teller**, einer ebenfalls runden Unterlage von Metall oder auch von Holz mit Zinnfolie überzogen, welche einen erhabenen Rand hat, der mit ihrer obern Fläche eine kylindrische Hohlung bildet, in welche die Harzmasse gegossen wird, so daß der Kuchen genau in dieselbe einschließt; 3) dem **Deckel**, einer ebenfalls runden Scheibe von Metall,

tall, oder von Holz mit Zinnfolie, ꝛc. überzogen, der im Durchmesser etwas (um 2'') kleiner ist, als der Kuchen, dessen untere Fläche auf die obere des Kuchens gelegt wird, und an dessen oberer drei seidene Schnüre oder besser (um ihn auch in anderer Lage, als wagerechter, halten zu können,) ein gläserner Handgriff befestigt sind, damit er isolirt aufgehoben werden kann. Die an einander liegenden Flächen der drei Körper müssen äusserst eben und glatt seyn und gar keine Hervorragungen haben.

Lettre de Mr. Alexander Volta *sur l'electrophore perpetuel de son invention* in Rozier *obs. sur la physique* etc. VII. Juillet 1776. p. 21.

Der Kuchen kann von blossem burgundischem Peche gemacht werden: Pickel empfielt 5 Th. sogenanntes Gummilak, 3 Th. Mastix, 2 Th. venet. Terpentin; Robert 10 Th. Gummilak, 0,5 Th. Pech, 2 Th. Wachs, 3 Th. Harz, 2 Th. venet. Terpentin. (Goth. Mag. für das Neueste ꝛc. VII. 3. S. 87.) Die Masse muß geschmolzen, durch Leinwand geseihet und so auf die mäßig heisse Form gegossen werden, daß die Oberfläche ganz eben und glatt wird.

§. 1005.

Mit diesem Werkzeuge kann man, nachdem der Kuchen durch Reiben (ein Harzkuchen am besten durch Peitschen mit einem Fuchsschwanze) elektrisirt worden, **Elektricität durch Vertheilung in dem Deckel** bewirken, und durch zweckmäßiges Ausladen desselben lange Zeit zu wiederholtenmalen elektri-

sche

sche Wirkungen hervorbringen, ohne daß der Deckel etwas von seiner E. verliert.

1. Man setze auf den geriebenen und dadurch — E habenden Kuchen den Deckel. Er zeigt ebenfalls — E, (Ein vorher auf ihn gestelltes Elektrometer steigt nun mit — E.) indem das — E des Kuchens das + E des Deckels zieht und bindet, wodurch sein — E frei wird. 2. Man hebe den Deckel isolirt auf, so zeigt er sich (wenn anders die Berührungsflächen hinlänglich eben und glatt sind, keine leitende Feuchtigkeit da, und die E. des Kuchens nicht zu stark ist,) **indifferent** (das Elektrometer fällt auf 0). Es ist ihm also aus dem Kuchen nichts mitgetheilt worden. 3. Man setze den Deckel wieder auf den Kuchen; er zeigt — E, wie vorher. Man berühre ihn mit einem Finger oder metallenen Knopfe, so giebt er einen **einfachen Funken**, und zeigt nun, so lange er auf dem Kuchen liegen bleibt, weiter keine Elektricität. Das durch Annäherung entstandene + E des Leiters hat das freie — E des Deckels weggenommen, und das + E desselben ist durch das — E des Kuchens gebunden. 4. Aber man hebe nun den Deckel isolirt auf, so zeigt er + E (das Elektrometer steigt mit + E). Es ist nun das + E, welches durch Wegnehmung des — E in ihm entstanden war, durch Entfernung vom Kuchen frei geworden. Vermöge dieses + E giebt er einem sich annähernden Leiter einen **einfachen Funken**. 5. Wenn, indem der Deckel auf den elektrisirten Kuchen gelegt ist, ein Leiter, (die Hand mit Daumen und Zeigefinger, oder ein metallener Bogen,) nicht bloß, wie bei 3. den Deckel, sondern erst die **Form**, dann den **Deckel** berühren, so entsteht ein **verstärkter Funken**, wie bei einer geladenen Flasche (§. 988). Es muß also, während der

der Deckel, auf dem Kuchen liegend, — E hat, die Form + E haben; dieses kann sie auch zeigen, wenn man den Elektrophor so (auf einen andern Harzkuchen ꝛc.) stellt, daß die Form isolirt werden kann. Man muß aber, damit der Kuchen ꝛc. stark genug elektrisch werde, während des Peitschens und Auflegens des Deckels die Isolirung durch einen leitenden Drath aufheben, den man nachher, wenn man die Form untersuchen will, wegnimmt. Dieses + E hat sie vermöge der Vertheilung erhalten, indem der Kuchen auf seiner obern Fläche — E hatte.

Wenn man das Verfahren 3. mehrmals wiederholend jedesmal den Funken aus dem abgehobenen Deckel in den Knopf einer Flasche schlagen läßt, so kann man diese dadurch laden (§. 987); die innere Belegung erhält + E. Stellt man aber die Flasche auf den Deckel, und zieht bei jedem Aufziehen des (vorher auf dem Kuchen berührten) Deckels einen Funken aus dem Knopfe, so erhält die innere Belegung — E. Auf diese und andere Weise kann dieses Werkzeug die Stelle einer Elektrisirmaschine vertreten.

Lichtenberg's doppelter Elektrophor. Gothaisches Mag. für das Neueste aus der Phys. I. 2. S. 42.

Weber's Luftelektrophor. Wollenes Zeug in einem senkrecht stehenden Rahmen ausgespannt, auf beiden Seiten frei, mit Katzenfell gerieben ꝛc. Joseph Weber's Abh. von dem Luftelektrophor. 2te Auflage. Ulm 1779. 8.

§. 1006.

Seitdem man die Elektricität genauer untersucht und ihre Wirksamkeit in vielen Processen der Na-

Natur theils wirklich nachgewiesen, theils vermuthet hat, ist es nöthig geworden, auf **Werkzeuge** zu sinnen, welche **sehr schwache elektrische Wirkungen** dadurch **anzeigen**, daß sie mehrere derselben versammlen, oder auf andere Weise sie merklicher machen. Sie dienen, mit Hülfe der Elektrometer (§. 982), theils um überhaupt Elektricität da zu entdecken, wo sie nur schwach ist, theils um anzugeben, von welcher Art sie sey.

Der Gebrauch aller dieser Werkzeuge erfordert auch bei geschickter Hand trockne Atmosphäre, und große Behutsamkeit, daß nicht dabei ein neues E entstehe, welches mit dem E, das man finden will, nichts zu schaffen hat; auch insbesondere in Rücksicht auf die Unterscheidung des + E und — E, weil so leicht eins in das andere übergeht (§. 970).

Volta's **Condensator** oder **Mikro-Elektrometer** (*Mem. sur les grands avantages d'une espece d'isolement trés-imparfait par* Mr. de Volta in Rozier *Journal de Phys.* 1782. **G. C. Lichtenbergs** Ausg. von **Erxlebens** Naturlehre. Gött. 1794. §. 538. g—k. S. 505. **Cavallo** von der E. I. S. 373.) besteht aus zwei Haupttheilen: 1) einer **Platte** von einem schlechtleitenden Stoffe (**Halbleiter**) (§. 934), 2) einem **Deckel**, der wie der Deckel des Elektrophors (§. 1002) beschaffen (folglich ebenfalls äusserst glatt und ohne alle Hervorragungen) ist. Zu jener dienen Marmor, Alabaster, Agat, Chalcedon, Elfenbein, Schildplatt, trocknes Leder, Pergament, Papier, sehr trocknes, doch nicht im Ofen gedörrtes, (mit Leinöl getränktes) Holz. Die Platte von einem solchen Stoffe muß nicht

nicht isolirt seyn, sondern mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehen. Statt einer solchen Platte empfiehlt **G. C. Lichtenberg** eine sehr dünne **Luftschicht**, welche man dadurch erhält, daß man auf eine metallene Platte drei sehr kleine Stückchen von einer Glasscheibe, so groß als der Buchstabe O dieser Schrift, in schicklicher Entfernung legt, oder drei Tropfen Siegellack darauf fallen läßt, so daß die drei Glasstückchen oder die drei Siegellackhügel ein Dreieck bilden, dessen Fläche etwas kleiner ist, als die des Deckels und dieser auf ihnen ruhen kann. Wenn man dem Dekkel, der eine leitende Platte ist, E giebt, so würde er, im Fall er auf einem **guten Leiter** läge, dasselbe (durch kleine Hervorragungen, Berührung am Rande) leicht an diesen abgeben; im Fall er auf einem **Nichtleiter** läge, würde er nicht viel E annehmen können, auch könnte dieser durch Reiben beim Auflegen leichter eignes E erhalten haben. Indem aber der Deckel auf einer schlechtleitenden Platte liegt, erhält er dadurch eine größere Capacität (§. 955), ohne doch sein E leicht zu verlieren, **nimmt also weit mehr E auf, als wenn er gut isolirt wäre, und hält es weit besser an sich, als wenn er gar nicht isolirt wäre.** So lange er auf der schlecht leitenden Platte **liegen bleibt**, zeigt er das erhaltene E nicht, wegen der durch die Nähe derselben geschwächten Intensität: wie er aber **isolirt aufgehoben**, und dadurch seine Capacität gemindert, seine Intensität vermehrt wird, so zeigt er es durch Anziehen, Abstoßen, und sogar durch Funken. Auf diese Weise wird er ein Mittel, eine fortdauernde schwache, oder einzelne wiederholte schwache Wirkungen von Elektricität (bei der Verdunstung, bei der Berührung verschiedener Metalle rc.) in sich zu sammlen und da-

und dadurch gleichsam zu verdichten. Er dient jedoch nur für schwächere Grade von E; weil sobald er stärkeres E erhält, dasselbe durch Mittheilung an die Unterlage zerstreut wird. S. Volta's Abh. über die Capacität der Leiter aus den *philos. Transact.* übers. in Baumann's Uebers. Cavallo's Abh. von der E. II. S. 140. (Die Trennung der Platte, welche E aufnehmen und sammlen soll, von einer andern, deren Nähe ihr dazu behülflich ist, durch eine bloße dünne Luftschicht, ist ohne Zweifel das einfachste, bequemste und sicherste Mittel, bloß Vertheilung und Bindung, ohne Mittheilung, zu bewirken, und daher auch bei mehreren der unten genannten Werkzeuge benutzt worden.)

Read's Condensator von Cuthbertson verbessert. (Zwei Messingplatten, beide senkrecht so gestellt, daß sie durch eine dünne Luftschicht getrennt werden.) Gilbert's Annalen. XIII. 2. S. 208.

Weber's Glascondensator. Gilbert's Ann. XI. 3. S. 344.

Cavallo's Sammler (*Collector*) der Electricität. *Philos. Transact.* LXXVIII. II. p. 255. Gren's Journal der Physik. I. S. 275.

Bennet's Elektricitätsverdoppler. *Philos. Transact.* LXXVII. Cavallo von der E. II. S. 165.

Nicholson's Verdoppler. *Phil. transact.* LXXVIII. II. p. 403. Gren's Journal der Physik. II. 1. S. 61.

Cavallo's Vervielfältiger der Elektricität. Cavallo von der E. II. S. 180.

G. C. Bohnenberger Beschr. unterschiedener Elektricitätsverdoppler. Tüb. 1798. 8. Dess. Beschr. einfacher Zusammensetzungen ɩc. in Gilbert's Ann. IX. 2. S. 158. Ludwig Wilh. Gilbert über die Instrumente,

te, welche bestimmt sind, sehr kleine Grade von E. zu verstärken und merkbar zu machen in seinen Annalen der Phys. IX. 2. Desormes und Hatchett über den Verdoppler eb. XVII. 4. S. 414.

§. 1007.

Es gehört für die Physiologie des Organismus, die Wirkung der E. auf den menschlichen, so wie auf andere organische Körper, zu untersuchen. Wir bemerken hier nur, daß der lebendige menschliche Körper ein sehr guter Leiter (§. 930) sey, und, wenn er als solcher wirkt und leitet, dieses stark empfinde.

Wenn ein Mensch isolirt (§. 936), am bequemsten auf einem Harzkuchen, der in die Vertiefung eines starken trocknen auf Glasfüssen ruhenden Bretts eingegossen ist, steht ꝛc. (Böckmann's elektrisches Bette aus sehr trocknem überfirnißten Holz mit Glasfüssen,) so erhält er, in Verbindung mit dem ersten Leiter einer gehenden Glas-E.maschine + E, in Verbindung mit dem Reibezeuge — E (§. 985). Man nennt diesen Zustand eines Menschen das elektrische Bad; ungeachtet es höchstwahrscheinlich ist, daß er in demselben verändert werde, so sind doch die ältern Erfahrungen (Achard phys. u. chem. Abh. I. Berl. 1784 S. 146), nach denen in diesem Zustande, sowohl bei — E, als bei + E, die Zahl der Pulsschläge und die Ausdünstung vermehrt werden, durch van Marum's bei der großen Maschine im Teylerschen Museum angestellte Versuche zweifelhaft gemacht worden (Beschreibung ꝛc. II. S. 20). Vergl. dagegen Grimm ebend. VII. 3. S. 355.

Ein in diesem Zustande befindlicher Mensch giebt bei starkem + E, wie ein metallener Leiter, aus Spitzen,

so

so aus einer metallenen Spitze, welche er in der Hand hält, aus Spitzen eines metallenen Helms auf dem Kopfe (Bose's sogenannte **Bratification**), aus Haaren, Stralenbüschel (§. 977) gegen ihm genäherte nicht isolirte Leiter; bei starkem — E strömen aus Spitzen ihm genäherter Leiter Stralenbüschel gegen ihn. Wenn der isolirte Mensch, (er mag + E oder — E haben,) eine Spitze gegen das Gesicht eines nicht isolirten Menschen hält, so fühlt dieser einen sanften **Wind**, hingegen fühlt auch er einen solchen sanften Wind, wenn ein anderer nicht isolirter Mensch eine Spitze gegen ihn hält. Man kann aus ihm **Funken** ziehen (§. 978): ein solcher Funken zündet Naphtha an, indem er ein damit gefülltes metallenes Gefäß in seiner Hand hält, und ein anderer nicht isolirter einen Finger auf die Naphtha bringt, oder umgekehrt. Wenn der erste Leiter, mit dem der isolirte Mensch in Verbindung ist, mit einer kleinen Batterie verbunden wird, so kann man an seiner Nasenspitze, an den Spitzen der Schuhsolen, **Zunderschwamm** anzünden.

Von der **elektrischen Erschütterung** ist schon oben (§. 996) die Rede gewesen. Sie entsteht ohne Zweifel durch eine Veränderung im Nervensystem, indem dasselbe plötzlich in elektrische Differenz (§. 946) geräth; diese ist stärker, und muß also auch ceteris paribus bei der doppelten Wirkung von zwei Seiten im verstärkten Funken (§. 989) stärker empfunden werden, als bei der einseitigen Wirkung im einfachen (§. 978).

Joh. Georg Böckh Beitr. zur Anwendung der E. auf den menschl. Körper. Erlangen 1791. 8. **Karl Gottlob Kühn** Gesch. der med. Elektricität. I. II. Leipzig 1783. 1785. 8.

§. 1008.

§. 1008.

Die **Erklärung** aller dieser wunderbaren Wirkungen hat die Physiker schon lange beschäftigt: allein so glücklich sie auch waren, die Gesetze der Elektricität zu entdecken, so wenig hinreichend ist bis jezt auch das, was die besten Köpfe darüber gedacht und erforscht haben, zu bestimmen, was sie sey.

§. 1009.

Es ist nicht zu leugnen, daß die **Aehnlichkeit der magnetischen und elektrischen** Erscheinungen zumal in der Vertheilung der E. (§. 952), und insbesondere am Turmalin (§. 948) äusserst auffallend sey, und uns hinlänglichen Grund gebe, beide von einerlei Kräften, nämlich den Grundkräften der Materie (§. 119. 120) abzuleiten (§. 899. fgg.).

Dieser wird noch durch die Beobachtung vergrößert, daß der verstärkte elektrische Funke durch Eisendrath der Länge nach geleitet, denselben magnetisch macht (Franklin *new exp. and obs. on electricity*. II. Lett. 5. p. 89. **J. C. Wilke** von der Erregung der magnetischen Kraft durch die Elektricität in den Schwed. Abh. 28. B. S. 306.); so wie man Fälle beobachtet hat, in denen ein auf ein Schiff treffender Bliß die Pole der Magnetnadel umkehrte. *Philos. Transact.* N. 157. p. 647. N. 157. p. 520. **Aepinus** von der Aehnl. S. 39. Nach **van Marum's** (Beschreibung rc. S. 36.) Versuchen an der großen Maschine (§. 983) wird, wenn eine Nadel im **magnetischen Meridiane** liegt, bei der Durchleitung allemal das nördliche Ende Nordpol und das südliche Südpol, gleichviel ob das eine Ende

zum

zum + E oder zum — E hingewandt ist; steht eine schon schwach magnetische Nadel dabei mit dem Nordpole nach Süden, mit dem Südpole nach Norden, so werden ihre Pole umgekehrt ꝛc.

Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi auct. F. V. T. Aepino. Petrop. 1759. 4. F. U. T. Aepinus zwo Schriften, 1. von der Aehnlichkeit der elektrischen und magnetischen Kraft. 2. Von den Eigenschaften des Turmalins. Grätz 1771. 8.

§. 1010.

Die Abhängigkeit der Elektricität von einer der beiden Grundkräfte, der **Dehnkraft** (§. 119), zeigt sich in mehreren bedeutenden Erscheinungen: in dem elektrischen Lichte (§. 976. 511), in der Hitze des elektrischen Funkens (§. 998. 694.), in der Zerstörung der Cohäsion, welche derselbe bewirkt (§. 995. 165). Erwärmen bewirkt Elektricität (§. 948), Reiben bewirkt Erwärmung (§. 808) und Elektricität (§. 941); E. entsteht bei dem Festwerden (§. 947), bei welcher Dehnkraft frei wird (§. 738); und bei dem Gas werden (§. 947) bei welchem Dehnkraft gebunden wird (§. 755); Metalle sind die besten Wärmeleiter (§. 720), und zugleich die besten Leiter der E. (§. 931).

Erwärmung einer geladenen Flasche vergrößert das Residuum (§. 991). Read *on the spontaneous electricity*. p. 16. Cavallo II. S. 385. — Mehrere wichtige hieher gehörende Bemerkungen liefern von Arnim in Gilbert's Annalen. V. 1. S. 41. und Lubbert Rirtberg in s. *sylloge obss. phys.* Groening. 1803. 8. Obs. 1.

Das

Das Abstoßen zweier einerlei E habender Körper (§. 945) stimmt mit der Ausdehnung der Körper durch die Wärme (§. 677) überein ꝛc. Franz Carl Achard's Abh. über die Uebereinstimmung der .... Elektricität und der Wärme in s. Samml. phys. u. chem. Abh. I. Berlin 1784. 8. S. 141.

§. 1011.

Daß aber auch die andere der beiden Grundkräfte, die anziehende Kraft (§. 120), in den Erscheinungen der E. wirksam sey, beweiset der in denselben sich durchaus zeigende Gegensatz zweier Kräfte, welche als einander entgegengesetzt wirken, und deshalb mit +E und —E bezeichnet worden sind (§. 944). E. entsteht auch durch Erkältung (§. 948), und bei der Verdunstung oder Gaserzeugung (§. 947), bei welcher Dehnkraft gebunden wird (§. 755).

Die Verschiedenheit der E. von der Wärme zeigt sich auch darin, daß die Längen der Dräthe von 0,03 Zoll Dicke verschiedener Metalle, welche an van Marum's grosser Batterie (§. 191) mit gleich starker Ladung geschmolzen wurden, sich gar nicht nach ihrer Schmelzbarkeit durch Kohlfeuer verhält. Vom Bleidrath schmolzen 120″, vom Zinndrath eben so viel, vom Eisendrath 5″, vom Golddrath 3″,5, vom Silber-, Messing- oder Kupferdrath 0″,25. Cavallo von der E. II. S. 368.

§. 1012.

Wir finden nun zwar zwischen den magnetischen und elektrischen Erscheinungen allerdings auch wichtige Unterschiede.

Fff   1) Bei

1) Bei der Wirkung eines Magnets auf unmagnetisches Eisen erfolgt allemal nur Vertheilung, auch bei unmittelbarer und lange dauernder Berührung: hingegen bei der Wirkung eines elektrisirten Körpers auf einen nicht elektrisirten entsteht nur so lange Vertheilung, als er ihm nicht zu nahe kommt; in der Schlagweite und bei unmittelbarer Berührung erfolgt Mittheilung. 2) Nie hat man einen natürlichen Magnet angetroffen, noch durch die Kunst bereitet, der durchaus nur + M oder nur — M hätte; mit der Entstehung von + M in einem Stück Eisen ist auch sogleich — M in demselben da. Freilich ist auch bei der Elektricität nie ein E ohne das andere, allein es kann doch in einem Körper durchaus einerlei E herrschen, so daß der Gegensatz nur in anderen nahen Körpern Statt hat. 3) Der Gegensatz des Magnetismus findet allemal nach der Länge Statt, der Gegensatz der Elektricität aber auch nach der Breite, so daß bei dünnen platten Körpern die eine große Fläche — E erhält, wenn die entgegengesetzte + E hat, und umgekehrt. 4) Die Vertheilung der E. in einem Körper dauert nur so lange, als ein elektrisirter Körper in seiner Nähe ist; hingegen Eisen bleibt magnetisch, wenn ein Magnet die magnetische Vertheilung in ihm bewirkt hat, auch, wenn derselbe wieder von ihm entfernt wird. 5) Wasser nimmt einem Magnete nichts von seiner Kraft, so lange es ihn nicht rostig macht; hingegen leitet es die Elektricität mächtig ab. 6) Ein Magnet kann elektrisirt werden, als erster Leiter an einer Maschine durchaus + E oder — E erhalten, ohne daß dadurch sein Magnetismus geschwächt oder verändert würde, mit Ausnahme heftiger Wirkungen der verstärkten Elektricität (§. 1009).

§. 1013.

§. 1013.

Allein diese Unterschiede beweisen nichts mehr, als daß die Elektricität auf andere **Weise** (*alio modo*) von den Grundkräften abhänge, als der Magnetismus. Dann ist die Frage: auf **welche** (*quo modo*)? **Wie** hängen das +E und — E von jenen Grundkräften ab? Unter den Erscheinungen des Magnetismus finden wir keine, welche uns Gründe gäben, eine magnetische Materie anzunehmen, und wir haben uns hingegen (§. 899) bewogen gefunden, die + M und — M als nicht materiell, als die Grundkräfte selbst, anzunehmen. Hingegen bei denen der Elektricität giebt es mehrere, aus denen die Physiker auf eine, oder zwei verschiedene, **elektrische Materien** geschlossen haben.

1) Die **Zurückhaltung** der Mittheilung **durch** die **Luft** und hingegen viel leichter erfolgende Mittheilung in verdünnter Luft (§. 979). 2) Das sichtbare Ausströmen eines **leuchtenden Etwas** aus Spitzen elektrisirter Körper, welches doch nicht bloßes Licht seyn kann, weil es (als elektrisches Agens) nicht durch Glas wirkt Ist es nicht bloßes Licht d. i. bloße Dehnkraft, so muß es schon mit anziehender verbunden, also Materie seyn (§. 120). 3) Das Gefühl eines solchen Ausströmens als eines **Windes** in der Nähe elektrisirter Spitzen (§. 1005). 4) Der phosphorische Geruch in der Nähe eines durch Reiben elektrisirten Nichtleiters. 5) Die Bewegung des elektrischen **Flugrades** (§. 939), welche allemal rückwärts, gerade so erfolgt, als ob eine flüssige Materie aus seinen umgebogenen Spitzen ausströmte. 5) Die schwierigere Mittheilung zwischen platten

Flächen, die leichtere durch Spitzen (§. 968) verhält sich gerade so, wie sie sich bei einer flüssigen Materie verhalten würde (§. 200), und der Ausbruch des elektrischen Funkens hat mit dem Ausbruche (§. 395) eines in einem eingeschlossenen Raume allmälig angehäuften Gas die größte Aehnlichkeit. 7) Die **Durchbohrung** von Kartenblättern, welche gerade so erfolgt, als ob an der durchbohrten Stelle ein Gas ausgebrochen wäre.

§. 1014.

Franklin's Theorie der Elektricität erklärt diese Erscheinungen aus einem E, einer hypothetisch angenommenen feinen Materie, welche zu allen anderen Anziehung habe, deren Theilchen selbst aber einander abstoßen.

Ein Körper in seinem gewöhnlichen (indifferenten) Zustande hat so viel E, als seiner Masse gemäß ist; ein Körper mit Glaselektricität (+ E) hat zu viel E, ein Körper mit Harzelektricität (— E) zu **wenig**. Einige Nichtleiter **gewinnen** E, wenn sie gerieben werden, indem sie dem Reibezeuge E entziehen, andere **verlieren** E, indem ihnen das Reibezeug E entzieht. Die **Vertheilung** entsteht, indem das überflüssige E eines Körpers das E aus den benachbarten Körpern vertreibt; oder ein Körper, welcher Mangel an E hat, daß E aus entfernteren in seine Nähe zieht. Die **Mittheilung**, indem ein Körper, der Ueberfluß an E hat, diesen anderen hinlänglich nahen abgiebt; einer der Mangel daran hat, anderen hinlänglich nahen den Ueberfluß entzieht. Das **Anziehen**, indem das überflüssige E eines + E habenden Körpers und die Masse eines anderen — E habenden einander anziehen. Das **Abstoßen** zweier + E habender Körper ist nur scheinbar und erfolgt,

folgt, indem das überflüssige E beider + E habenden Körper von der benachbarten Mangel an E habenden Luft angezogen wird; eben so ist das Abstoßen zweier — E eigentlich ein Anziehen der Masse dieser Körper gegen das + E der benachbarten Luft. Wenn der innern Belegung einer **Kleistischen** Flasche E gegeben wird, so muß, wegen der Abstoßung, die äussere Belegung eben so viel E in die benachbarten Körper abgeben, und so entsteht in der äusseren Belegung in eben dem Maasse **Mangel**, in welchem in der inneren **Ueberfluß** herrschte. Wenn der innern Belegung E genommen wird, so muß die äussere eben so viel E aus den benachbarten Körpern anziehen ꝛc. **Franklin's** am Ende angef. Werk. **Joh. Ingenhouß** vermischte Schriften übers. von **Molitor**. I. Wien 1784. S. 1.

Zu denen, welche eine elektrische Materie annehmen, gehört auch der verdienstvolle **Joh. Andr. de Luc** (Meteorologie. Ueb. Berlin 1787. 8. S. 186.), dessen Theorie **Wilh. Aug. Lampadius** (Vers. u. Beob. über die Elektricität und Wärme der Atmosphäre. Berlin 1793. 8. Cap. II. §. 20.) vortrefflich dargestellt hat. Er unterscheidet jedoch die eigentliche *Matiére electrique* und das *fluide deferent* oder Feuer, welches die Matiére electrique erst zu einem mit Expansivkraft begabten Fluidum macht, das er mit dem Wasserdunste vergleicht.

Noch verdient unter den hieher gehörenden Theorien die Schrift: der **Zitterstoff** (*Electrogen*) und seine Wirkungen in der Natur entdeckt von **Carl Schmidt**. Breslau 1783. 8. vorzügliche Aufmerksamkeit.

§. 1015.

§. 1015.

Symmer hingegen hat zwo elektrische Materien angenommen, deren eine der anderen in der Qualität entgegengesetzt sey, jede die ihr entgegengesetzte anziehe, die ihr gleiche aber abstoße. Im indifferenten Zustande eines Körpers sind beide mit einander im Gleichgewichte (mit einander gesättigt). Der elektrische Zustand eines Körpers besteht darin, daß eine von beiden Uebermaaß erhält (vorschlägt), welches durch absolute Vermehrung derselben, oder durch absolute Verminderung der andern geschehen kann.

Philos. Transact. Vol. LI. P. I. Lichtenberg's Ausgabe von Erxleben's Naturlehre. Anm. zu §. 549.

Es ist wohl nicht nöthig, hier noch zu sagen, wie man nach dieser Theorie die Vertheilung, Mittheilung, das Anziehen und Abstoßen erklärt. Alle oben gegebenen Erklärungen sind dieser Theorie gemäß, wenn man sich unter — E etwas positives, dem + E nur ratione qualitatis entgegengesetztes, denkt. Bei der Elektricität durch Reiben wird hier angenommen, daß zugleich + E und — E frei werden, das eine an den geriebenen Körper, das andere an das Reibezeug trete.

§. 1016.

Ungeachtet Franklin's Theorie als einfacher den Vorzug zu verdienen scheint, so giebt es doch auch mehrere Erscheinungen, welche sich nach Symmer's Theorie leichter und ungezwungener erklären lassen, und zu verlangen scheinen, das — E eben so wohl für etwas positives anzunehmen, als das + E.

1) Zwei

1) Zwei negativ elektrisirte Kügelchen fliehen einander eben sowohl, als zwei positiv elektrisirte. — Wenn man darauf Achtung giebt, wie ein an einem seidenen Faden hängendes Kügelchen von Holundermark eine geriebene Harzstange fliehet, nachdem sie von ihr durch Berührung — E erhalten hat, zumal, wenn man das Ende der Harzstange gegen das Kügelchen richtet, und abwechselnd der Harzstange verschiedene Richtungen giebt, so kann man wohl nicht geneigt bleiben, dieses Abstoßen für Wirkung des Anziehens an die benachbarte Luft zu halten. 2) Das Blasen einer Spitze geht sowohl bei — E als bei + E von der Spitze aus. 3) Das elekrische Flugrad läuft um, man mag ihm + E oder — E geben, und nicht nur eben so geschwind, sondern auch nach einerlei Richtung, nämlich so, daß die Spitzen sich rückwärts bewegen. 4) Wenn Campher auf dem ersten Leiter einer Maschine liegend angezündet, ausgelöscht und dann die Maschine gedreht wird, so fahren durch Abstoßung aus dem noch flüssigen eben erstarrenden Campher Fäden aus, es mag der Leiter + E oder — E erhalten haben. 5) Wenn mit dem Henly'schen Auslader durch den verstärkten elektrischen Funken Kartenblätter durchbohrt werden, so ist das Loch eben sowohl nach der — Seite als nach der + Seite herausgeschlagen. 6) Sollte — E nichts weiter, als Mangel an + E seyn, so müßte ein schwacher Grad von — E zu einem starken Grade von — E sich wie + E zu — E verhalten, welches nicht geschieht. + E und — E sind allemal einander entgegengesetzt und vermindern einander, gleichnamige E hingegen vermehren einander, sie mögen gleich oder ungleich seyn. 7) Endlich zeigt die Entdeckung, daß die beiden Leiter der Volta'schen Säule in Wasser geführt, der

der eine von der + E Seite das Wasser in Lebensluft, der andere von der — E — Seite dasselbe in brennbare Luft verwandeln (S. das Kap. vom Galvanismus), fast überzeugend, daß das —E selbst etwas positives, nicht nur Mangel an + E sey.

Schon ohne den letzten Grund haben lange vor der Erscheinung des Galvanismus die anderen mehrere Physiker bewogen, zwei positive, einander qualitativ entgegengesetzte E E, anzunehmen. **Christ. Gottlieb Kratzensteins** (Exp. Physik. Kopp. 1781. 8.) saure (+) und phlogistische (—) Elektricität. **Joh. Heinr. Voigt's** (Vers. einer neuen Theorie des Feuers rc. Jena 1793. 8.) männliches und weibliches Feuer.

§. 1017.

Allein, wenn man gleich den Dualismus (§. 29. 117) auch in der E. anerkannt, so ist damit doch nicht nothwendig verbunden, zwei elektrische **Materien** anzunehmen. Jene Erscheinungen (§. 1013) mögten sich meist aus bloßer dynamischer Bewegung, theils in den elektrisirten Körpern, theils in der zwischen zweien elektrisirten Leitern befindlichen Luft oder Feuchtigkeit erklären lassen, ohne daß man besondere von der Materie dieser Körper selbst **verschiedene** elektrische Materien anzunehmen nöthig hätte.

Wollen wir in einer dynamischen Naturlehre den allgemeinen Dualismus folgerecht durchführen, so müssen wir, wie bei dem Magnetismus, das eine (+) E als der **Dehnkraft**, das andere (—) E als der **anziehenden Kraft** angehörend ansehen. Da das frei werden die-

dieser Kräfte dem allgemeinen Bestreben derselben (§. 120 b.), sich zur Materie zu vereinigen, entgegen ist, so entsteht daraus, daß das in einem Körper frei gewordene E das ihm gleichnamige in seiner Nähe nicht duldet; daher der durch die **Vertheilung** (§. 952) entstehende Gegensatz und die **Abstoßung** mit gleichnamigen EE begabter Körper (§. 945). Aus eben diesem Bestreben entsteht auch die **Anziehung** der mit entgegengesetzten EE begabter Körper (§. 945) und bei hinlänglicher Nähe die **Mittheilung** (§. 951), welche in der Vereinigung beider EE besteht (§. 967). Woher aber nun der wichtige Unterschied zwischen Magnetismus und Elektricität (§. 1012)? Können wir gleich diese Frage noch nicht befriedigend beantworten, so werden doch die folgenden Lehren uns dem Ziele etwas näher führen, als das hier möglich ist.

* * *

Io. Bapt. Beccaria *dell' elettricismo artificiale.* Turin 1753. 4. *New experiments and observations on electricity in several letters* to Mr. Collinson by Benjamin Franklin. Lond. 1751. 4. **Benjamin Franklin's** Briefe von der Elektricität übers. von **J. C. Wilke.** Leipzig 1758. 8. *A compleat treatise on electricity in theory and praxis by* Tiberius Cavallo. Lond. 1778. 1784. 1786. Ueb. von **Joh. Sam. Traug. Gehler.** Leipz. 1785. 8. Vierte Ausg. übers. nach der dritten Ausg. des Originals mit Zusätzen von **Joach. Moriz Wilh. Baumann.** Leipzig 1797. 8. *The history and present state of electricity by* Joseph Priestley. London 1769. 4. Ueb. von **Krüniz.** Berl. u. Stralſ. 1772. 4. Die Lehre von der Elektricität theor. u. prakt. aus

aus einander gesetzt von Johann August Donndorf. I. II. Erfurt 1784. 8. *An essay on electricity by* George Adams. London 1784. 8. übers. Leipzig 1785. 8. John Cuthbertson's Abh. von der Elektricität aus dem Holländ. übers. Leipzig 1786. 8. Dritte Forts. Ebend. 1796. 8. Jacob Langenbucher's prakt. Elektricitätslehre. Augsb. 1788. 8. G. C. Bohnenberger's Beiträge zur theor. und prakt. Elektricitätslehre. Stuttg. 1793. 8.

Fünf-

Funfzehntes Kapitel.

Von dem chemischen Processe.

---

§. 1018.

Die Elektricität macht den Uebergang zu dem **chemischen Processe.** Alle drei sind dynamische Bewegungen; der chemische Proceß ist gleichsam die höchste Stufe derselben, und verwandelt die Materie der Körper selbst.

§. 1019.

Man nennt schon lange diese dritte Stufe den chemischen Proceß, weil man den Theil der Naturlehre, welcher sich mit der Kenntniß desselben und seiner mannigfaltigen Verschiedenheit beschäfftiget, unter dem Namen **Chemie** von den übrigen unterscheidet.

So lange diese unter dem Namen **Alchemie** nur eine Kunst war, welche den sehr beschränkten Zweck hatte, unedles Metall in edles zu verwandeln, blieb sie von eigentlicher Naturlehre objectiv und subjectiv völlig getrennt. Seitdem aus der Alchemie die **chemische Kunst** und allmälig aus dieser die **chemische Wissenschaft** hervorgegangen sind, haben zuvörderst **Boyle** und **Boerhaave** die Chemie mit der Naturlehre in Verbindung gesetzt, und wenn gleich eine Zeitlang nachher der schriftliche und mündliche Unterricht in der Chemie sich zu getrennt von dem in der allgemeinen Naturlehre hielt, so ist doch die gegenwärtige Chemie auf

das

das innigste mit der Naturlehre vereinigt. Indessen ist sie, eben sowohl, als die Mechanik, so vielumfassend, daß in einem Compendium der allgemeinen Naturlehre nur die ersten Grundlinien derselben angedeutet werden können.

Rob. Boyle *the sceptical chymist.* Oxon. 1661. 8. Hermanni Boerhaave *elementa chemiae.* L. B. 1732. 8. Lips. 1732. 8. *Traité elementaire de chimie* par Mr. Lavoisier. Paris 1789. 8. Lavoisier's System der antiphlogistischen Chemie übers. mit Zus. von Sigism. Fried. Hermbstädt, I. II. Berlin 1792. 8. Friedrich Albrecht Carl Gren's syst. Handbuch der gesammten Chemie. 3 Theile. Halle 1787. 8. Dritte Aufl. von Martin Heinrich Klaproth. 3 Theile. Halle 1806. 8. Encyklopädie der gesammten Chemie von Friederich Hildebrandt. 14 Hefte. Erlangen 1799 — 1806. 8.

§. 1020.

Zwei Körper heissen einander **gleichstoffig**, wenn sie von einerlei Materie, **ungleichstoffig**, wenn sie von verschiedener Materie sind. Da wir die Materie an sich selbst nicht erkennen können, so urtheilen wir von der Gleichstoffigkeit oder Ungleichstoffigkeit derselben nach der Gleichheit und Verschiedenheit der **Beschaffenheiten** (*Qualitates*), mit denen sie in unsere Sinne fallen (§. 64). Diese Verschiedenheit hat Grade; einige Stoffe sind andern auf ähnliche Weise entgegengesetzt, wie + E und — E bei der Elektricität. Man kann sie in Vergleichung mit jenen Bestimmungen (§. 890. 946) **chemisch differente** Stoffe nennen.

§. 1021.

§. 1021.

Der chemische Proceß ist in allen Fällen entweder eine Mischung oder eine Scheidung. In der **Mischung** werden zwei verschiedene Stoffe zu einem vereinigt: in der **Scheidung** wird ein Stoff in zwei verschiedene getrennt.

§. 1022.

Den Begriff von Mischung richtig zu fassen, muß man sie von Mengung unterscheiden. **Mengung** geschieht, indem Körper von verschiedenem Stoffe zwischen einander treten. Ein **Gemeng** ist ein Körperhaufen (*Aggregatum*), in welchem Körper verschiedenen Stoffes abwechselnd neben einander liegen: es ist dabei gleichgültig, ob sie größer oder kleiner sind. Haften diese ungleichstoffigen Körper an einander, so wird der aus ihnen bestehende Körperhaufen gemeiniglich als **ein** Körper betrachtet, und dann heissen die ungleichstoffigen Theile desselben seine **Gemengtheile** oder **Bestandtheile.**

§. 1023.

Mischung (*Mixtio, Synthesis*) hingegen geschieht, indem verschiedene Stoffe innig mit einander vereinigt werden. Der dadurch entstehende neue Stoff heißt ein **Gemisch**; die Stoffe, durch deren Vereinigung es entstanden ist, heissen die **Grundstoffe** desselben. In einem Gemische sind alle Theile gleichstoffig, nämlich eben ein solches Gemisch, als der ganze Körper.

Ein

Ein Gemisch ab, welches aus den Grundstoffen a und b besteht, kann wieder mit einem andern Gemische cd gemischt werden, welches aus den Grundstoffen c und d besteht. In dem daraus entstandenen Gemische abcd heissen dann ab und cd die **nächsten**, a, b, c und d die **entfernten** Grundstoffe.

§. 1024.

Die unbekannte Ursache der Mischung nennen wir **Verwandschaft** (*Affinitas*), oder **chemische Anziehung** (*Attractio* chemica), zum Unterschiede von der Schwere (§. 128) und Anhaftung (§. 161). Wir führen sie in der Dynamik auf die allgemeine anziehende Kraft (§. 120) zurück; da aber nicht alle und jede Stoffe sich mit einander mischen, sondern jeder Stoff sich mit gewissen anderen mischet, mit gewissen anderen nicht, so müssen wir hier, wie schon bei der Anhaftung, specifische Anziehung annehmen (§. 131).

§. 1025.

Indem bei der Entstehnng eines Gemisches die sich mischenden Körper einander anfangs nur auf die Oberfläche berühren, so erfolgt die Mischung von beiden Seiten nur zwischen den daselbst liegenden Theilchen. Aber vermöge des Bestrebens nach Gleichgewicht führt die allgemeine gleiche Anziehung alle Theilchen des einen Körpers nach und nach so zu allen Theilchen des andern, daß beide Körper einander wechselseitig in immer kleinere und kleinere Theile zertheilen, einander durchdringen und end-

endlich ihren Raum durchaus gemeinschaftlich erfüllen. Daß dieses möglich werde, muß wenigstens einer der beiden Körper **flüssig** seyn, entweder vermöge hinlänglicher Wärme ohne Wasser (auf dem **trocknen** Wege), oder vermöge Wassers (auf dem **nassen** oder **feuchtem** Wege), das dann selbst durch Wärme flüssig ist.

§. 1026.

Wenn einer von zweien einander berührenden Körpern, welche einander verwandt sind, flüssig, der andere fest, und des flüssigen eine hinlängliche Quantität da ist, so zwingt die chemische Anziehung der Stoffe beider Körper zu einander den festen Körper mit dem flüssigen flüssig zu werden, wenn gleich die Temperatur viel niedriger ist. Man nennt diese Wirkung **Auflösung** (*Solutio*), den festen Körper das **Aufzulösende** (*Solvendum*), den flüssigen das **Auflösungsmittel** (*Menstruum*). Die Cohäsion eines festen Körpers wirkt hier der chemischen Anziehung entgegen. Wenn die Auflösung wirklich erfolgt, so wird die Cohäsion durch die chemische Anziehung überwunden. Daher befördert die Wärme (§. 742 b.) jede Auflösung. Ausserdem wird ein Körper leichter aufgelöset, wenn er fein zertheilt worden, theils, weil dadurch die Cohäsion an vielen Stellen schon aufgehoben ist, theils, weil er dem Auflösungsmittel nun weit mehr Oberfläche zur Berührung darbeut.

§. 1027.

§. 1027.

So kann auch ein liquider Körper dergestalt mit einem Dampfe oder einem Gas gemischt werden, daß er selbst mit ihm Gas ꝛc. wird. Man kann dieses ebenfalls **Auflösung** nennen. Auch diese Auflösung wird durch Wärme und Zertheilung befördert.

§. 1028.

Hingegen kann auch ein flüssiger Körper sich so mit einem festen mischen, daß der flüssige mit dem festen fest wird. Und ein Gas, ein Dampf, können mit einem liquiden Körper sich mischen, so daß sie mit ihm liquide werden. Man nennt diese Wirkung bildlich **Verschluckung**, sonst auch **Fixirung**: sie ist der Auflösung entgegen gesetzt.

§. 1029.

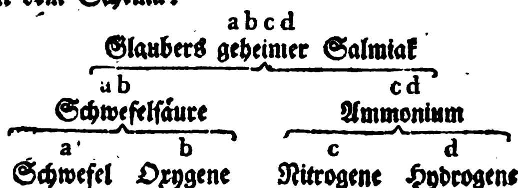
Nicht nur jene (§. 1026), sondern auch diese Art von Mischung erfordert eine gewisse **Temperatur** (§. 704), so daß sie gar nicht, oder sehr langsam und unvollkommen geschieht, wenn die Temperatur zu niedrig, oder auch zu hoch ist. Für manche Mischungen ist die mittelmäßige Temperatur der Atmosphäre (15° bis 20° Reaum.) hinreichend; manche, insbesondere die meisten Verbrennungen, erfordern eine beträchtlich höhere, einige, insbesondere die Verschluckung der Gasarten vom Wasser, eine niedrigere.

§. 1030.

In der Atomistik (§. 113) denkt man sich die Mischung so, daß die mit einander sich mischenden Stoffe

Stoffe einander bis in ihre Atome zertheilen, dann die Atome des einen mit den Atomen des andern verbunden sind, und folgert diesen Begriff aus dem der Undurchdringlichkeit (§. 53), vermöge dessen jene Durchdringung (§. 1025) nur bis auf die Atome möglich ist, weil in jedem Raumtheilchen, in welchem ein Atom eines Stoffes ist, nicht zugleich ein Atom eines andern seyn kann. Wie aber in der Dynamik (§. 116) die Materie überhaupt als ein Product der Vereinigung beider Grundkräfte gedacht wird (§. 120); so betrachtet sie auch jede Art von Materie nur als ein besonderes Verhältniß dieser beiden Kräfte, und die Mischung als eine Zusammensetzung zweier solcher Verhältnisse. Ein Gemisch ist demnach ein Verhältniß beider Grundkräfte, daß aus den beiden Verhältnissen seiner Grundstoffe zusammengesetzt ist, und die wechselseitige Durchdringung zweier Stoffe besteht nach diesem Begriffe eben darin, daß in den Raumtheilchen des Raumes, welchen ein Gemisch ausfüllt, nirgend mehr das einzelne Verhältniß eines Grundstoffes, sondern in allen das zusammengesetzte Verhältniß des Ganzen herrscht. Indessen kann man in der Chemie, um die einzelnen Mischungen und Scheidungen anzudeuten, die atomistischen Darstellungen und Bezeichnungen (und so die Redensart: ein Stoff a b besteht aus den Stoffen a und b) nicht entbehren: nur muß man dieselben nicht so verstehen, als ob die angezeigten Grundstoffe eines Gemisches in demselben als solche noch da wären, indem die dynamische Erklärung dieses nicht zugeben kann.

So bezeichnet man z. E. Glaubers geheimen Salmiak mit dem Schema:



§. 1031.

Auch findet unter den Mischungen und Gemischen ein wichtiger Unterschied Statt, dessen Bestimmung auf die Erklärung der Mischung Einfluß hat. Bei der **ersten** Art, welche in Ermangelung eines besseren Namens **mechanische Mischung** heissen mag, erfolgt bloße wechselseitige Durchdringung beider Grundstoffe, so daß zwar unsere Sinne in den kleinsten wahrnehmbaren Theilchen des Gemisches keinen der beiden Grundstoffe allein entdekken, aber dennoch die Beschaffenheiten beider Grundstoffe noch in dem Gemische sich zeigen, so daß das Gemisch als ein Mittelding zwischen beiden Grundstoffen erscheint, nur mehr sich nach der Beschaffenheit dessen neigt, von dem es mehr enthält. Hier sind also die Grundstoffe gewissermaassen noch da. Diese Art von Mischung findet zwischen Stoffen Statt, die einander ähnlich sind; dann bei allen Mischungen mit Wasser, bei welchen das Wasser nicht verwandelt wird. Wir erklären diese Mischung aus der bloßen anziehenden Kraft, welche bei der Schwere die Körper gegen einander führt (§. 128), bei der

Adhä-

Adhäsion sie in Berührung erhält (§. 195), bei dem chemischen Processe sie in einander treibt.

Exempel geben: Salzkrystalle auf dem nassen Wege entstanden, Salzlaugen (In jenen wird das Wasser mit dem Salze fest, in diesen das Salz mit dem Wasser flüssig.), Amalgama, Messing. — Eine Auflösung (§. 1026), bei welcher nur diese Mischung erfolgt, heißt bei einigen **Lösung**.

Daß diese Gemische nicht etwa nur Gemenge seyen, zeigt bei denen, bei welchen es die Beschaffenheit der Grundstoffe gestattet, auch ihre **Durchsichtigkeit** (§. 489), indem dieselbe gleiche Dichtigkeit voraussetzt, da doch die Grundstoffe von verschiedener, oft sehr verschiedener, Dichtigkeit sind; bei dem Messing die durchaus gleiche gelbe Farbe und große Dehnbarkeit rc.

§. 1032.

Bei der **andern Art**, der eigentlich **dynamischen Mischung**, oder **chemischen Verwandlung** erfolgt nicht allein wechselseitige Durchdringung beider Grundstoffe, sondern eine davon verschiedene Veränderung beider, so daß das Gemisch als ein von ihnen ganz verschiedener Stoff erscheint, in welchem die eigenthümlichen Beschaffenheiten beider Grundstoffe nicht mehr wahrzunehmen sind. Diese Art von Mischung findet zwischen differenten Stoffen (§. 1020) Statt, und ist aus bloßer Anziehung nicht zu begreifen.

So viel ist aus der Erscheinung klar, daß bei dieser Mischung jedes Theilchen des einen Stoffes, wie es mit einem Theilchen des andern in Berührung kommt, ver-

wandelt wird, (etwas verliert, das es bisher hatte, oder etwas erhält, was es bisher nicht hatte,) wodurch die Differenz beider Theilchen so aufgehoben wird, daß sie nun, wie ähnliche Stoffe (§. 1031), sich mit einander mischen können.

Die vollkommenste Mischung dieser Art ist die Erzeugung des **Wassers** aus **Oxygene** und **Hydrogene**. Aber alle **Verbrennungen** gehören hieher; auch die Mischung einer **Säure** und eines **Kali** zu einem **Neutralsalz**.

§. 1033.

Uebrigens entstehen beide Arten von Mischung aus dem allgemeinen **Bestreben nach Gleichgewicht** (§. 122 b.). Zwei durch Dehnkraft und anziehende Kraft erfüllte Räume, in denen **ungleiche Verhältnisse** beider Kräfte Statt finden, wirken so lange auf einander, bis in beiden **gleiches Verhältniß** bewirkt ist und beide einen Raum ausmachen, in welchem durchaus dieses gleiche Verhältniß herrscht.

§. 1034.

Bei jeder Auflösung (§. 1026) giebt es ein Maximum der Quantität des auflöslichen Stoffes, welchen das Auflösungsmittel aufnehmen kann. Wenn es diese Quantität aufgelöset hat, so heißt es **gesättigt**, sein Zustand die **Sättigung**. Es ändert sich jedoch diese Quantität nach der Temperatur: je wärmer das Auflösungsmittel ist, desto mehr kann es von einem Stoffe auflösen, der in ihm auflöslich ist.

Eben

Eben so giebt es auch bei solchen Mischungen, bei welchen ein fester Stoff einen flüssigen mit sich mischt, so daß dieser mit ihm fest wird, eine Sättigung jenes Stoffes mit diesem. In beiden Fällen kann es keine Uebersättigung geben.

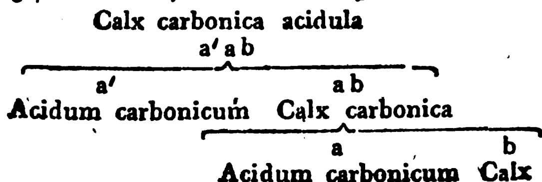
Bei der Krystallisation eines Salzes aus seiner Lauge finden beide Sättigungen zugleich Statt. In den entstandenen Krystallen ist das feste Salz mit festgewordenem Wasser gesättigt; in der übrigen Lauge ist das flüssige Wasser mit flüssiggebliebenem Salze gesättigt.

§. 1035.

Aber man nennt auch denjenigen Zustand Sättigung, in einem ganz andern Sinne, in welchem ein differenter Stoff (§. 1020) in solcher Quantität mit einem anderen differenten gemischt ist, daß sie einer des andern Differenz aufheben, wie + E und — E (§. 946. 949). Dieses ist eigentlich Gleichgewicht oder Indifferenz; hier ist Uebersättigung möglich, nämlich ein Zustand, in welchem die Quantität eines der beiden Stoffe grösser, des anderen kleiner ist, als die zum Gleichgewicht erforderliche Quantität.

Aber in einigen Fällen dieser Art mischen sich doch beide Stoffe allemal genau im Verhältnisse des Gleichgewichts; ist einer der beiden Stoffe in zu großer Quantität da, so bleibt das, was von ihm zu viel da ist, übrig, und geht nicht in die Mischung ein, (obwohl es bei Mischungen auf dem nassen Wege in demselben Wasser neben dem Gemische aufgelöst seyn kann.) In anderen Fällen findet ein sogenanntes Vorschlagen des

des einen der beiden Stoffe Statt; indessen läßt sich dieses in gewissen, vielleicht in allen Fällen so ansehen, daß die beiden differenten Stoffe a und b mit einander in ein Gemisch ab zum Gleichgewichte vereinigt sind, dann aber wieder mit diesem ab eine andere Quantität des Stoffes a verbunden ist, die wir mit a' bezeichnen wollen, und welche bei der Scheidung viel leichter von ab abgesondert wird, als a von b. Z. E.



§. 1036.

Der Mischung steht die **Scheidung** oder **Zerlegung, Zersetzung** (*Analysis*), entgegen. Sie besteht in der Veränderung eines Gemisches in seine Grundstoffe, und ist wohl von der Zertheilung, Zerstückelung zu unterscheiden, welche nur einen ganzen Körper in Theile trennt, die dem ganzen gleichstoffig bleiben, weil sie keine chemische Wirkung erlitten haben. Sie ist, wie die Mischung, zu unterscheiden. Aus einem mechanischen Gemische werden durch die Scheidung die Grundstoffe, welche gewissermaassen in demselben noch da sind (§. 1032), nur getrennt, aus einem dynamischen hingegen müssen diese Stoffe, so wie sie ausgeschieden werden, bei der Scheidung durch Verwandlung des im Gemisch vorhandenen erst neu erzeugt werden.

§. 1937.

§. 1037.

Einige Scheidungen geschehen bloß durch die **Wärme** in der **Saigerung** (§. 753. 753 b.) und in der **Verflüchtigung** (§. 790. 791). Bei anderen aber wirken als **Scheidungsmittel** Stoffe, vermöge größerer **specifischer Anziehung** (§. 131), die man hier gemeiniglich **Wahlanziehung** oder **Wahlverwandtschaft** (*Attractio* electiva) nennt, so daß allemal eine Scheidung eines Stoffes c von einem andern a durch Mischung eines dritten b mit dem andern a geschieht. Wir folgern diesen Begriff aus einer Menge von Erfahrungen über Scheidungen, welche durch neue Mischungen geschehen, und nachdem man die bekannten Stoffe in dieser Rücksicht, jeden einzeln mit allen, zu denen er Anziehung zeigt, geprüft hat, so sind daraus die **Tafeln der Wahlverwandschaften** entstanden, welche jedoch noch immerfort vermehrt und berichtigt werden müssen.

Es sey ein Stoff a (z. E. Salpetersäure) mit einem Stoffe c (z. E. Quecksilber) gemischt. Man bringe zu dem daraus entstandenen Gemische a c einen Stoff b (z. E. Kupfer), so wird a sich mit b mischen, und c wird von a abgeschieden werden, (die Salpetersäure wird das Kupfer auflösen, und das Quecksilber fallen lassen.)

	a b	
	a	b
a c	Salpetersäure	Kupfer
	Quecksilber	
	c	

Man

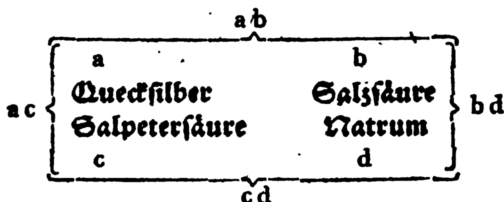
Man bringe hingegen zu dem Gemische ab den Stoff c, so wird ab davon nicht zerlegt werden. Wir schliessen daraus, daß a (die Salpetersäure) dem b (Kupfer) näher verwandt sey, als dem c (Quecksilber), d. h. zu dem b eine größere spec. Anziehung habe, als sie dem c, und geben in der Verwandschaftstafel der Salpetersäure dem Kupfer eine höhere Stelle, als dem Quecksilber rc.

Torb. Bergman *de attractionibus electivis.* In *opusc. phys. chem.* Lips. 1786. 8. p. 261.

§. 1038.

Wenn auf ein Gemisch ac, das aus zweien Stoffen besteht, ein Stoff b, als einfach, ohne selbst zerlegt zu werden, wirkt, so heißt die dabei wirkende Wahlanziehung eine **einfache**, wenn aber zwei Gemische ac und bd so auf einander wirken, daß sie einander wechselseitig zerlegen, so heißt die dabei wirkende Wahlanziehung eine **doppelte**.

Die einfachste ist schon in dem Schema §. 1037 vorgestellt, die doppelte kann in diesem vorgestellt werden:



§. 1039.

Ein Stoff b kann ein aus den Stoffen a und c bestehendes Gemisch ac nur dann durch **einfache** Wahl-

Wahlanziehung zerlegen, wenn der Stoff b zu dem einen der Grundstoffe a eine grössere Anziehung hat, als der andere Grundstoff c. Und zwei Gemische a c und b d können einander nur dann durch **doppelte** Wahlanziehung zulegen, wenn die **Summe** der beiden (neuen) Anziehungen, a zu b und c zu d größer ist, als die Summe der beiden (alten) Anziehungen a zu c und b zu d.

§. 1040.

Wie stark ein Stoff in Rücksicht dieser Wahlanziehung gegen einen andern wirkt, das hängt nothwendig nicht allein von der Größe der **Wahlanziehung** selbst, sondern auch von der **Masse** des anziehenden Stoffes ab, weil jedes Atom (§. 59) seiner Masse mit dieser Anziehung wirkt. Das Product der Wahlanziehung eines Stoffes b zu einem andern a in die Masse dieses Stoffes m heißt nach Berthollet die **chemische Masse** desselben, vielleicht besser das **chemische Moment** in Vergleichung mit dem statischen Momente (§. 91. 219). Wenn zwei Stoffe b und c, deren Anziehungen zu einem Stoffe a (*l'objet de la combinaison* Berthollet.) S und s und deren Massen M und m sind, auf den Stoff a wirken, so vertheilt sich der Stoff a unter b und c nothwendig im Verhältnisse SM : sm, d. h. im Verhältnisse der chemischen Momente. Wenn in gewissen Fällen die Erfahrung diesem Gesetze zu widersprechen scheint, so geschieht es, weil

weil nicht allein die Wahlanziehung, sondern noch andere Kräfte wirken.

§. 1041.

Diese andere Kräfte sind **Neigung** gewisser Stoffe zur **Festigkeit**, (und so auch zur Unauflöslichkeit im Wasser,) und gewisser anderer zum Zustande eines Gas oder eines **Dunstes**. Diese Neigungen können in einigen Fällen die Wirkung der Wahlanziehung befördern und bewirken, daß ein Stoff, statt sich im Verhältnisse des chemischen Moments unter zwei Stoffe zu theilen, ganz zu demjenigen übergeht, der durch Mischung mit ihm seine Neigung zur Festigkeit rc. befriedigt, in anderen Fällen die Wahlanziehung schwächen, und dadurch scheinbare Anomalien bewirken.

Diese neuern Ansichten des chemischen Processes, welche neues Licht über anomal scheinende Zerlegungen verbreitet haben, verdanken wir dem trefflichen **Claude Louis Berthollet** (*recherches sur les lois de l'affinité*. Paris, an IX. 8. Uebers. von **Ernst Gottfried Fischer**. Berlin 1802. 8.) Nach ihnen ist nun das, was oben in der Note zum §. 1037 angedeutet worden, zu berichtigen.

§. 1042.

Ein Stoff a, mit einem andern b gemischt, verliert durch die bloße Mischung mit dem andern desto mehr von seiner eigenthümlichen Beschaffenheit und der davon abhängenden Wirksamkeit auf unsere Sinne und auf andere Körper, je verschiedner bei-

de

de Stoffe sind. Daher nennt man ihn, in so fern er als noch im Gemische ab befindlich gedacht werden darf, **gebunden**: man sagt, daß beide Stoffe, mit einander sich mischend, **einander** wechselseitig **binden**. In eben dieser Beziehung sagt man, ein Stoff werde **entbunden**, wenn er aus einem Gemische ausgeschieden wird, und nennt ihn **frei**, wenn er ungemischt, bloß in der Umgebung anderer Stoffe, sich befindet.

§. 1043.

Wenn man jene beide Arten der Mischung (§. 1031. 32) richtig unterscheidet, so ist klar, daß auch die Scheidung zwiefach verschieden sey. Entweder wird ein Stoff bloß von dem anderen Stoffe, mit welchem er gemischt war, abgeschieden, und man kann ihn ein **Educt** nennen, in so fern er gewissermaassen schon im Gemische enthalten war. Oder er wird bei der Ausscheidung noch ausser der Veränderung, welche in der Ausscheidung selbst beruht, verwandelt, indem er aus der Glühehitze, aus dem materiellen Scheidungsmittel rc. etwas erhält, das er vorher nicht hatte, oder an das Scheidungsmittel etwas abgiebt, das er hatte. Ein auf solche Weise ausgeschiedener Stoff wird in Rücksicht auf das Gemisch, aus welchem er ausgeschieden worden, und die dabei wirkenden äussern Kräfte ein **Product** genannt.

§. 1044.

§. 1044.

In gewissen Scheidungen fällt der ausgeschiedene Stoff in dem übrigen Gemische (des Stoffs, von dem er geschieden wurde, und des Scheidungsmittels) nieder (**wird niedergeschlagen, gefället**, *praecipitatur*), wenn nämlich 1) dieser ausgeschiedene Stoff spec. schwerer ist, als das Gemisch, und 2) das Gemisch flüssig genug ist, um das Sinken zu gestatten. Der ausgeschiedene Stoff heißt dann ein **Niederschlag** (*Praecipitatum*), und das angewandte Scheidungsmittel ein **Fällungsmittel**. Der Niederschlag kann übrigens fest oder flüssig seyn. In gewissen anderen Scheidungen setzt der ausgeschiedene Stoff sich spec. leichter auf die Oberfläche des übrigen Gemisches, oder er entweicht als Gas.

§. 1045.

Der wichtigste aller chemischen Processe ist die **Verbrennung** (*Combustio*). **Brennen** heißt sich selbst erhitzen: der Anfang des Brennens heißt **Entzündung** (*Inflammatio*); ein dazu fähiger Stoff heißt **brennbar** oder **entzündbar** (*inflammabilis*). **Verbrennung** ist eigentlich die materielle Veränderung, welche ein Körper durch das Brennen erleidet.

Zur Entzündung eines brennbaren Körpers wird, wie zu jedem chemischen Processe (§. 1029), eine bestimmte Temperatur, und in den meisten Fällen eine höhere, als die gemeine der Atmosphäre, also Erhitzung eines Theilchens desselben durch äussere Hitze erfordert: dann aber

aber setzt das Brennen von einem Theilchen zum andern durch den ganzen Körper sich fort; jedes brennende Theilchen erhitzt das nächste und setzt es dadurch in den Stand, ebenfalls zu brennen, und so kann der Körper allmälig eine Menge von Hitze bewirken, welche die geringe zur Entzündung nöthige Quantität viele millionenmale übertreffen kann. Wenn schon eine mittelmäßige Temperatur der umgebenden Atmosphäre dazu hinreicht, so heißt die Entzündung **Selbstentzündung**: die dazu fähigen Stoffe heissen **Selbstzünder** oder **Feuerträger** (*Pyrophori*).

§. 1045.b.

Flüchtige brennbare Stoffe (Phosphor, Schwefel, Zink —) brennen mit **Flamme** (§. 794). Die Hitze, welche jedes Theilchen in die zum Brennen erforderliche Ausdehnung versetzt, macht es erst zu Dunst, und dieser Dunst verbrennt. Feuerbeständige hingegen (Kohle, Eisen —) brennen ohne Flamme, so daß nur ihre feste Masse glüht.

Bei dem Brennen des Gas hydrogene ist die Flamme glühender Wasserdunst, welcher im Moment der Verbrennung selbst aus dem Gas hydrogene und oxygene entsteht. Holzkohle und Steinkohle, die noch nicht ausgeglühet ist, brennt mit Flamme vermöge ihres Hydrogens, das sie noch enthält.

§. 1046.

Um das Brennen zu erklären, nahmen **Stahl** und seine Nachfolger unter dem Namen **brennliches Wesen, Brennstoff** (*Phlogiston*) einen in allen brennbaren Stoffen enthaltenen Grundstoff an.

an. Jeder brennbare Stoff bestehe aus einem ihm eigenthümlichen Stoffe und diesem Brennstoffe. Das Brennen geschehe durch Entwickelung dieses Brennstoffs und die Verbrennung bestehe in dem Verluste desselben. Er betrachtete also das Brennen als eine Scheidung (§. 1036).

Georg Ernst Stahl's Bedenken über den Streit von dem sogenannten Sulphure. Halle 1718. 8.

§. 1047.

Nachdem diese Lehre über ein halbes Jahrhundert in der Chemie als ein Dogma gegolten hatte, stellte der große Lavoisier eine ganz entgegengesetzte Theorie der Verbrennung auf, und gab dadurch der gesammten Chemie eine neue Gestalt. Er betrachtete den Proceß der Verbrennung als eine Mischung (§. 1023), indem er durch genaue Versuche bewies, daß ein brennbarer Körper im Brennen aus der Luft einen Stoff anziehe, den er Säure zeugenden Stoff (*Oxygenium*, Oxygene) nannte, weil mehrere Gemische, die aus brennbaren Stoffen (Phosphor, Schwefel, Kohle, Arsenik, Molybdäna rc.), durch Mischung mit ihm erzeugt werden, Säuren sind.

Wenn ein gewisser brennbarer Stoff, den man vorzugsweise **Phosphor** nennt, verbrennt, so nimmt er am Gewichte, folglich an Masse (§. 137) zu. Es entsteht ein weisser Dampf (§. 781), welcher sich bald zu einem festen Körper verdichtet. Dieser, der verbrannte Körper, ist Phosphorsäure, und beträgt am Gewichte im

im Verhältnisse mehr, als der Phosphorus. Dabei verzehrt er gleichsam die Luft, in welcher er brennt, indem Oxygene mit dem Phosphor fest wird; und die dadurch entstehende Abnahme der Luft beträgt dem Gewichte nach soviel, als die Zunahme des Phosphorus. (2 Grane Phosphor verzehren 6 Kubikzoll = 3 Granen (§. 383) Gas oxygene, und geben damit 5 Grane Phosphorsäure.) Die Zunahme des Phosphors am Gewichte erfährt man, indem man denselben in einem kupfernen (mit gemeiner Luft oder Lebensluft gefüllten) Kolben, der luftdicht verschlossen ist, verbrennt, und den Kolben sammt seinem Inhalt offen vor dem Verbrennen und offen nach dem Verbrennen wägt. Die Abnahme der Luft, indem man in einem kupfernen Kolben mit einem langen abwärts umgekrummten gläsernen Halse dieselbe Verbrennung vornimmt, und die während des Verbrennens luftdicht gesperrte Mündung nach der Verbrennung im Wasser öffnet. Da ein Theil der inneren Luft verzehrt ist, so ist die noch übrige verdünnt (§. 389), also minder elastisch, als die äussere (§. 413); der Druck der äussern treibt das Wasser in den Recipienten hinauf, bis die innere noch übrige Luft mit der äussern gleiche Dichtigkeit hat; das Steigen des Wassers misset das Volumen der verzehrten Luft, und mithin das absolute Gewicht, wenn das specifische schon aus andern Untersuchungen bekannt ist.

Daraus erhellet, daß ein in der Luft enthaltener Stoff seinen Luftzustand abgelegt habe, und mit dem Phosphor zu einem Dampfe, dann zu einem festen Körper vereinigt sey; und die Entstehung der Hitze erklärt sich sehr begreiflich daraus, daß die gebundene Wärme frei wird, vermöge deren das Oxygene Luft war (§. 755).

Mit

Mit dieser Erklärung stimmen die, mit einigen Abänderungen gleichen, Erscheinungen bei der Verbrennung anderer brennbarer Stoffe überein. Nur ist nicht allemal der verbrannte Körper fest, wie bei dem Phosphor und noch mehr bei den Metallen, sondern bei dem Hydrogene ist das entstehende Wasser anfangs Dunst, nachher erst in der Abkühlung liquides Wasser; bei dem Schwefel und der Kohle sind die entstehende schwefligte Säure und Kohlensäure auch Luftarten, obwohl beträchtlich dichter, (auch als Gas oxygene): daher machen diese in gleicher Quantität des verzehrten Oxygene weniger Wärme frei, als der Phosphorus.

Memoire sur la combustion en general par Mr. (Ant. Laur.) Lavoisier in den *Mem. de l'ac. des sc. à Paris* 1777. p. 592. übers. in Lavoisier's Schriften üb. von Chr. Ehrenfr. Weigel. Greifsw. 1785. 8. III. S. 170.

John Mayow's frühere Lehre vom *Spiritus nitro-aëreus*, der aus der Luft an die brennbaren Materien trete ꝛc. Dess. chem. physiolog. Schriften übers. von Joh. Köllner. Jena 1799. 8. Joh. Andr. Scherer's Beweis, daß Johann Mayow vor hundert Jahren den Grund zur antiphlog. Chemie gelegt hat. Wien 1793. 8. Auch Carl Wilhelm Scheele (Abh. von Luft und Feuer. Leipzig 1782. 8.) hatte durch seine Entdeckungen einen neuen Weg zur richtigeren Kenntniß der Verbrennung gebahnt.

§. 1048.

Das Oxygene zeigt sich am reinsten in einer gewissen Luftart, welche sich aus den grünen Theilen der Pflanzen im Sonnenlichte entwickelt, auch aus gewissen Metalloxyden, aus Salpeter, in der Glühe-

Glühehitze entbunden wird. In dieser Luft, welche Lavoisier nach ihrem Stoffe **Säure zeugendes Gas** (*Gas oxygenium*) genannt hat, brennen brennbare Körper nicht allein, wie in der atmosphärischen Luft, sondern viel heftiger, so daß sie viel mehr Wärme entbinden, und viel stärkeres Licht geben. Athmende Thiere können, vermöge einer dem Brennen ähnlichen Wirkung, in ihr athmen und leben, wie in der gemeinen Luft, obwohl sie auf längere Dauer zu stark auf sie wirkt.

Glimmende Holzspäne, glimmende Tochte von Wachskerzen, brechen, wie sie in diese Luft kommen, sogleich in Flamme aus. Eine an einem Ende zugespitzte Stahlfeder, am zugespitzten Ende durch glimmenden Zunderschwamm erhitzt, verbrennt mit Weißglühehitze und schmilzt dabei in Tropfen ab. rc. Von diesen Wirkungen heißt diese Luft auch **Feuerluft**; sonst von der Wirkung auf das Athmen **Lebensluft**.

Joseph **Priestley** entdeckte diese Luft am 1. August 1774, indem er sie durch Glühehitze aus rothem Quecksilberoxyd entband, und nannte sie nach der Lehre vom Phlogiston **dephlogistisirte** (d. h. kein Phlogiston enthaltende) Luft. Versuche und Beob. über verschiedene Gattungen der Luft. Ueb. Leipzig 1779. II. S. 42.

§. 1049.

Mischung eines Stoffs mit dem Oxygene heißt **Oxydation**, Verlust desselben **Desoxydation**. **Oxyde** sind gemischte Stoffe, welche aus einem oxydationsfähigen Stoffe und Oxygene bestehen.

§. 1050.

Jede Verbrennung ist nach dieser Lehre eine Oxydation, und zwar eine schnelle Oxydation durch Oxygene, das im Gaszustand ist, bei welcher die gebundene Wärme des Oxygene frei wird. Sie beruhet auf der Verwandschaft des brennbaren Stoffes zum Oxygene.

Wenn nur ein Theilchen eines brennbaren Körpers (es heisse P) sich in hinlänglich hoher Temperatur befindet, Oxygene anziehen zu können (§. 1045), so vereinigt sich ein verhältnißmäßiges Theilchen Oxygene (es heisse O) mit dem P; dadurch wird dessen gebundene Wärme (W) frei, um ein zweites P hinlänglich erhitzen zu können. Das zweite P zieht ein zweites O an; das W desselben wird frei und erhitzt das dritte P; u. s. w.

Hingegen ist nicht jede Oxydation eine Verbrennung. Ein oxydationsfähiger Stoff kann sich auch ohne Brennen oxydiren, aus Wasser, aus wäßrigen Säuren, selbst aus Oxygene im Gaszustande, wenn die Anziehung, mithin die Entbindung der Wärme von jedem Theilchen zu langsam erfolgt, um das nächste hinlänglich erhitzen zu können.

§. 1051.

Da die brennbaren Stoffe nicht nur im reinen Gas oxygene (§. 1048), sondern auch in der gemeinen Luft brennen; da sie darin dieselbe Veränderung, nämlich Oxydation, erleiden, und da alle oxydationsfähigen Stoffe, auch ohne Verbrennung, in der gemeinen Luft eben sowohl oxydirt werden, als im reinen Gas oxygene, so muß auch in der gemeinen

nen

nen Luft Oxygene enthalten seyn. Dieses wird zur völligen Ueberzeugung erwiesen durch die Oxydirung und Herstellung des Quecksilbers, welche ausserdem als vorzüglich wichtige Gründe dienen, Lavoisier's Lehre zu beweisen.

Quecksilber, Monate lang in einem offenen, langhalsigten Kolben bis zum Sieden erhitzt, oxydirt sich aus der gemeinen Luft und verwandelt sich in rothes Quecksilberoxyd, welches an 8 Procent mehr wiegt, als das Q., aus dem es entstand. Wenn dieses Oxyd in einer Retorte geglühet wird, so entbindet sich aus ihm Gas oxygene, dem Gewichte nach so viel, als die Gewichtszunahme des Q. betrug, und das Q. wird wieder (in seinen metallischen Zustand) hergestellt.

§. 1052.

Wenn in einer eingesperrten Quantität Gas oxygene eine hinlängliche Quantität Phosphor verbrennt, so wird dieselbe ganz verzehrt, so daß das sperrende Wasser den ganzen Recipienten anfüllt (§. 1047), und wenn eine kleinere Quantität Phosphor nur einen Theil des Gas verzehrt, so ist das übrige Gas, nachdem es durch Abwaschen mit reinem Wasser von den Dämpfen der Phosphorsäure gereinigt worden, noch reines Gas oxygene.

J. F. A. Göttling's Beitrag zur Berichtigung der antiphlog. Chemie. Weimar 1794. 8. S. 3. vergl. mit C. W. Böckmann's Vers. über das Verhalten des Phosphorus. Erlangen 1800. S. 218.

§. 1053.

Hingegen von gemeiner Luft nimmt brennender Phosphor nur ungefähr den vierten Theil weg, und das übrige Gas hat nicht mehr die Eigenschaften der gemeinen Luft, indem es weder zum Brennen noch zum Athmen taugt. Eben so ist das aus der gemeinen Luft von der Verbrennung anderer Stoffe übrig bleibende Gas beschaffen, nachdem die gas- oder dunstartigen Producte der Verbrennung davon abgesondert sind. Man nennt das aus der gemeinen Luft von jeder Verbrennung übrig bleibende Gas, weil es athmende Thiere durch Erstickung tödtet, **lebenberaubendes Gas** (*Gas azotum*), **Stickgas**, die materielle Grundlage desselben **Stickstoff** (*Azotum*, Azote) oder, weil sie auch einen Grundstoff der Salpetersäure ausmacht, **Salpeterstoff** (*Nitrogenium*).

Von dem im nächsten Kap. folgenden brennbaren Gas unterscheidet sich dieses Gas dadurch, daß es nicht brennbar ist, auch dadurch, daß sein spec. Gewicht nicht viel kleiner ist, als das der Lebensluft (§. 383).

§. 1054.

Da durch die Verbrennung die gemeine Luft in **Oxygene** und **Azote** zerlegt wird, so kann man (§. 1030) sagen, daß sie ein Gemisch aus diesen beiden Stoffen sey, deren einer das in ihr geschehende Verbrennen bewirkt, der andere aber nichts dazu beiträgt. L a v o i s i e r's Versuche zeigten in ihr, indem

das

das Verhältniß nach den in ihr vorgehenden Veränderungen wechselte, 0,27 Oxygene und 0,73 Azote als mittleres.

Scheele (*quantum aëris puri in atmosphaera quotidie insit. Opusc. I.* p. 193.) zeigte zuerst das Verhältniß aus seinen Versuchen = 9 : 24, welches mit dem Lavoisierschen sehr nahe übereinstimmt. Lavoisier *traité elementaire.* p. 33. Nach Alexander von Humboldt's neuesten Untersuchungen wechselt das Verhältniß zwischen 23 : 77 und 29 : 71. Scherer's allg. Journal der Chemie I. 3. S. 268.

§. 1055.

Aus dieser Erklärung der Verbrennung wird begreiflich, warum ein brennbarer Körper nicht anders brennet, als in einem Gas, welches Oxygene, und auf solche Weise enthält, daß der Stoff des brennbaren Körpers es an sich ziehen kann; warum in einer bestimmten Quantität eines solchen Gas nur eine bestimmte Quantität eines brennbaren Stoffs (von einigen mehr, von anderen weniger) verbrennt, warum im reinen Gas oxygene die Körper heftiger brennen, als in gemeiner Luft, und in gewisser Quantität von jenem mehr von jedem brennbaren Körper verbrennt, als in gleicher Quantität von dieser; warum in Windöfen und Gebläsöfen der Luftzug das Brennen so mächtig verstärkt ꝛc.

§. 1056.

Indessen hebt Lavoisier's Lehre vom Oxygene doch jene Lehre vom Phlogiston nicht (§. 1046) auf.

Viel-

Vielleicht haben sowohl Lavoisier als Stahl den Proceß der Verbrennung nur einseitig angesehen, und die Entdeckungen unserer Zeit begünstigen die Ansicht derer, welche, um die Lehre vom Phlogiston zu retten, sich bemühet haben, beide Ansichten zu vereinigen (§. 510).

Leonhardi in den Zusätzen zu Macquer's chym. Wörterbuch. I. S. 401. II. S. 556. J. B. Richter Kritik des antiphlog. Systems in s. Schriften über die neueren Gegenstände der Chemie. III. Breslau 1793. 8. S. 53. Gren's Handb. der Chemie. I. §. 230. 257. Schelling's Ideen zu einer Philosophie der Natur. I. Landshut 1803. S. 99.

Sechs.

Sechszehntes Kapitel.

Von dem Wasser.

---

§. 1057.

Um aus der Kenntniß des chemischen Processes die Verschiedenheit der Materie einzusehen, müssen wir von ihrer Indifferenz ausgehen, die uns als Wasser erscheint. Reines Wasser zeigt uns nur die allgemeinen Beschaffenheiten der Materie, Undurchdringlichkeit, Trägheit, Schwere, Theilbarkeit; keine der Beschaffenheiten, welche chemische Differenz anzeigen, indem es ohne Farbe, ohne Geschmack, ohne Geruch, ohne Brennbarkeit rc. ist, und in seinem flüssigen Zustande differente Stoffe nur flüssig macht (§. 1031), ohne ihre Differenz zu ändern. Es ist daher in Rücksicht auf seine Materie **indifferent** (§. 1020).

§. 1058.

In der Temperatur über 0° Reaum. ist es auch in Rücksicht auf seine Form **indifferent**, nämlich flüssig (§. 167); von 0° bis 80° Reaum. unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre liquide (§. 180). Hier heißt es eigentlich Wasser, und man versteht liquides Wasser, wenn man schlechtweg „Wasser“ sagt.

§. 1059.

§. 1059.

In einer Kälte unter 0° Reaum. oder 32° Fahr. wird es fest (gefriert) (§. 734), und krystallisirt sich (§. 171) zu Eis. Dabei entstehen anfangs einzelne Prismen (Nadeln), welche sich unter Nebenwinkeln von 60° und 120° an einander setzen. Da bei dem Gefrieren Wärme entbunden wird (§. 738), so wird dadurch neben jedem entstehenden Eiskrystalle das Wasser noch flüssig erhalten: bei fortwirkender Kälte aber gefriert nach und nach auch das Wasser in den Zwischenräumen der zuerst entstandenen Krystalle und alle vereinigen sich zu einer derben Eismasse, welche, wie die einzelnen Nadeln, sehr durchsichtig ist, und eine beträchtliche Stärke (§. 172) hat.

Da bei dem gewöhnlichen Gefrieren des Wassers an der Luft die Kälte in der Luft eher entsteht als im Wasser, so gefrieret es erst an der Oberfläche, und es entsteht nach der Vereinigung der Krystalle eine Eisschicht, unter welcher das Wasser noch flüssig ist, die aber dann bei fortdaurender Kälte immer dicker wird.

Eisschichten über Flüssen und Seen, welche große Lasten tragen. Eispallast und Eiskanonen zu Petersburg.

In wie fern Eis spec. leichter, als Wasser erscheine, davon s. oben §. 754.

Indem das Wasser gefriert, entbindet sich die Kohlensäure, welche es enthält, und wird zu Gas, weil sie nicht fähig ist, fest zu werden. Die Luftblasen im Eise gemeinen Wassers entstehen zum Theile daher; aber auch in destillirtem und dann noch ausgekochten Wasser entstehen

stehen Luftblasen, indem es gefriert, welche dann oft die Durchsichtigkeit schwächen. Daß das Wasser, scheinbar gegen die Regel, bei dem Erkalten nur bis zu einem gewissen Grade sich zusammenzieht, dann aber sich ausdehnt, noch ehe es gefriert (§. 679), scheint von der dann schon anfangenden Entbindung dieses Gas abzuhängen.

Von der Ausdehnung, welche eine gefrierende Wassermasse durch die in ihr entstehende Luft mittelbar erleidet, ist eine andere zu unterscheiden, welche eine Folge von der Bildung der Krystalle ist. Diese bewirkt eine Bewegung nach der Länge eines jeden Krystalls, nach beiden Enden desselben zu (§. 926); bei schneller Entstehung vieler Krystalle wird dadurch die ganze Wassermasse nach allen Seiten ausgedehnt. Zersprengung dicker steinerner, eiserner Behälter (§. 690).

Entstehendes Eis hat eine bestimmte Temperatur, (0° Reaum. oder 32° Fahr.) welche daher das **Eispunct** heißt (§. 735). Eben diese hat das Eis, indem es in wärmerem Wasser oder wärmerer Luft schmilzt (§. 739). Aber einmal entstandenes Eis kann freilich viel kälter werden.

Uebrigens s. oben §. 738. 739. 745. 746.

Memoire sur la glace par *Mr. de* Mairan. Paris 1749. übers. Leipz. 1752. 8.

§. 1060.

Liquides Wasser hat die allgemeinen Eigenschaften liquider Körper (§. 180. und das achte Kapitel). Doch hat es auch in diesem Zustande einige expansive **Elasticität** (§. 191. 192).

Nach

Nach älteren, mehr zweifelhaften, Versuchen (Samuel Christ. Hollmann *sylloge commentat. in reg. soc. recensitor.* Goett. 1762. p. 35.) sind darüber entscheidende Versuche angestellt worden von **Rudolph Adam Abich** und **Ernst Aug. Wilh. von Zimmermann** über die Elasticität des Wassers. Leipz. 1779. 8.). Brunnenwasser ließ sich durch den Druck von

745,181 Pf. um $\frac{1}{142,66}$

2509,591 Pf. um $\frac{1}{35,667}$

zusammendrücken. Die dabei angewandte trefflich eingerichtete Maschine besteht aus einem Stiefel von Messing 1'',2''',5 dick und eben so weit und einem eisernen mit in Talg gekochten Ledern belegten, sehr genau schliessenden, Stempel. Bei der Anfüllung steckt der Stempel schon im obern Ende der Höhlung; das Wasser wird durch eine Oeffnung am untern Ende hineingegossen, diese Oeffnung durch einen konischen mit getalgtem Leder umgebenen Zapfen verschlossen, der durch eine Schraube eingetrieben wird. Auf den Stempel drückt ein einarmigter Hebel, an dessen Ende Gewichte angebracht werden.

§. 1061.

Liquides Wasser kann (§. 769) unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre nicht heisser werden, als 80° R. oder 212° F. Wenn auf so weit erhitztes Wasser fernere Hitze wirkt, so **siedet** es (§. 767), und wird dann zu **Wasser-Dunst** (§. 758). Bei geringerem Luftdrucke siedet es schon in niedrigerer Temperatur (§. 772).

§. 1062.

Flüssiges Wasser, es sey liquide, Dampf oder Dunst, nennt man **feucht** (*humidus*), in so ferne es in diesem Zustande vermöge seiner Anziehung zu gewissen Stoffen an andere Körper anhaftet (§. 200). So nennt man auch andere Körper **feucht**, wenn sie flüssiges Wasser an sich haben, so wie hingegen Körper **trocken** (*sicci*) heissen, wenn sie kein flüssiges Wasser an sich haben. Die feuchte Beschaffenheit heißt **Feuchtheit** (*Humiditas*). Ihr steht die **Trockenheit** (*Siccitas*) entgegen; das Wasser selbst aber und jeder vermöge des Wassers flüssige Körper wird **Feuchtigkeit** (*Humidum*) genannt. Im Zustande des Eises (§. 1059) ist das Wasser selbst trocken, und es läßt sich denken, daß es auch auf dem andern Extreme in einen Zustand gerathen könne, in welchem es nicht mehr feucht ist, geschehe dieses durch dynamische Auflösung in einem Gas, oder dadurch, daß das Wasser selbst in Gas (§. 757) verwandelt wird.

§. 1063.

Eine Luft kann Wasser **auflösen**, so daß es als Dunst mit ihr (mechanisch) gemischt wird, und mit ihr eine elastische durchsichtige Flüssigkeit ausmacht. Dieses findet Statt, wenn gleich die Temperatur viel niedriger, als das Siedepunct ist, so daß der bloße Wasserdunst unter dem Drucke dieser Luft, ohne mit ihr gemischt zu seyn, nicht Dunst blei-

bleiben könnte. Eine Luft, welche Wasserdunst auf solche Weise in sich eingemischt enthält, heißt **feucht**. Sie kann in verschiedenem Grade feucht seyn, d. h. verschiedene Quantität Wasserdunst enthalten; ohne Zweifel giebt es auch hier eine Sättigung (§. 1034), in welcher die Luft **höchst feucht** ist. Absolut **trocken** würde eine solche seyn, welche gar keinen Wasserdunst enthielte. Relativ trocken nennen wir eine Luft, welche weniger Wasserdunst enthält, als eine andere, welche dann dagegen feucht heißt. Indessen giebt es gewisse Mittel, einer Luft ihr Wasser zu nehmen; wir nennen eine Luft **höchst trocken**, wenn ihr durch die stärksten dieser Mittel das Wasser so weit benommen ist, daß ihr dieselben Mittel keines weiter entziehen. Gemeinhin nennen wir eine Luft **trocken**, wenn ihr Gehalt an Wasser der höchsten Trockenheit näher liegt; **feucht**, wenn ihr Gehalt an Wasser der höchsten Feuchtheit näher liegt. Die **Sättigung** einer Luft mit Wasser (§. 1034) läßt sich nur nach einem bestimmten Wärmegrade bestimmen; denn je höher die Temperatur ist, desto geneigter ist der Wasserdunst im Dunstzustande mit dem Gas gemischt zu bleiben, und umgekehrt. Daher wird aus eingesperrter feuchter Luft, welche mit Wasser gesättigt war, bei Erkaltung des Gefäßes Wasser in Tröpfchen an die Wände abgesetzt. Dann ist die specifische Anziehung der verschiedenen Luftarten zum Wasser verschie-

schieden, und sie enthalten daher bei gleicher Temperatur ungleiche Quantitäten Wasserdunst.

Man schiebe in ein Gefäß, welches trockne (§. 1063) Luft enthält, so daß Kali nicht darin zerfließt, ein hineingestelltes Hygrometer auf Trockenheit zeigt, in einer Temperatur von etwa 10° bis 15° R. ein mit reinem Wasser wohl befeuchtetes und zusammengerolltes Stück Leinwand, so daß es an einem Haken mitten im Gefäße hängt und verschließe das Gefäß genau. Nach einigen Tagen wird ein hineingebrachtes Hygrometer auf große Feuchtheit zeigen. Man lasse einen Theil der Luft durch Quecksilber in ein trocknes Gefäß und bringe Kali hinein: dieses wird bald darin feucht werden und zerfliessen. Aber ausserdem wird, so lange die Temperatur nicht erniedrigt wird, diese Luft kein Wasser zu Boden fallen lassen. Wie die Temperatur erniedrigt wird, so wird ein Theil des Wassers sich als liquid ausscheiden, aber in Tröpfchen an die Wände des Gefäßes überall abgesetzt werden. Bei diesem allen erscheint die Luft vollkommen durchsichtig; mithin muß das Wasser, welches sich hier am Hygrometer, am Kali, an den Wänden des Gefäßes zeigt, mit der Luft gleich dicht (§. 489), also mit ihr gemischt, nicht als Nebel mit ihr gemengt gewesen seyn. Dasselbe zeigt sich, wenn ein Stück Eis in eingesperrte trockne Luft gelegt wird; auch in einer Temperatur unter dem Eispuncte.

Nach de Saussure (Hygrometrie. §. 103.) kann ein (Paris.) Kubikfuß gemeiner Luft, bis auf den achten Theil seiner Scale ausgetrocknet, bei 14° bis 15° R. höchstens 11 bis 12 Gran Wasser auflösen.

§. 1064.

Es giebt mehrere feste, auch liquide **Stoffe**, welche Anziehung zum Wasser haben, so daß sie nicht allein liquides Wasser, sondern auch Wasser, dampf (§. 781) und Wasserdunst (§. 758), selbst den in der Luft (mechanisch) aufgelöseten Wasserdunst **an sich ziehen**, so **daß** er **an ihnen** in einer Temperatur **liquide wird**, in welcher er ausserdem nicht liquide geworden seyn würde. Nothwendig werden sie dadurch, jeder auf seine Weise, verändert; alle **nehmen am Gewichte zu**, und indem das Wasser von den äussern Theilchen zu den innern hingezogen in ihre Zwischenräume dringt, werden sie ausgedehnt (**aufschwellen**, **verquillen**); Salze werden nach und nach in dem angezogenen Wasser aufgelöst. In so fern solche Stoffe durch die Veränderung, welche sie durch angezogenes Wasser erleiden, die Gegenwart von Wasser anzeigen, nennen wir sie **hygroskopische Stoffe**.

Wir finden diese Eigenschaft an verschiedenen festen Salzen (ätzendem Kali, Kali unvollkommen mit Kohlensäure gesättigt, essigsaurem Kali, salzsaurem Kalk, ꝛc.), welche, feuchter Luft ausgesetzt, in dem angezogenen Wasser aufgelöset zerfliessen; am frischen **ungelöschten Kalke**, der das durch Ausglühen verlorne Wasser sehr begierig anzieht, aber es mit sich fest macht; mehreren **Steinen**, vorzüglich an thonigten (**John Leslie** über das Vermögen verschiedener Steine die Feuchtigkeit der Luft zu absorbiren in Gilbert's Ann. XII. 1. S. 144); **Dammerde**; an festen Theilen organischer Körper, Pflan-

Pflanzenfaser, (daher an hanfnen Stricken, die von angezogener Feuchtigkeit dicker und kürzer werden, Papier, das nach allen Dimensionen zunimmt,) so auch an Holz, das zwischen seine Fasern mehr Feuchtigkeit aufnehmend, als zwischen die Fasertheilchen, am meisten in der Breite und Dicke zunimmt,) thierischer Faser, Fischbein, Elfenbein, Horn, welche, wie Holz verändert werden, Haar, welches verlängert wird, Darmsaiten, welche, wenn sie feucht werden, sich aufdrehen 2c. Auch an Holzkohle. — Liquide Schwefelsäure, welche so wenig, als möglich, Wasser hat (Vitriolöl), zieht die Feuchtigkeit aus der Luft mächtig an, und nimmt dadurch beträchtlich am Gewichte zu. Gould *of the increase of weight in oil of vitriol exposed to the air* in den *philos. Transact.* N. 156. p. 496.

§. 1065.

Wenn ein trockner hygroskopischer Körper, dessen Stoff so große und solche Anziehung zum Wasser hat, daß er den in einer Luft verbreiteten Wasserdunst anziehen kann, feuchter Luft (§. 1063) ausgesetzt wird, so geht vermöge des Bestrebens nach Gleichgewicht (§. 122. b.) Wasser aus der Luft an den Körper; wenn aber die Luft trockner oder der Körper einer anderen trockneren Luft ausgesetzt wird, so geht Wasser aus dem Körper in die Luft über. Daher wird ein solcher Körper, wenn er feucht war, in trockner Luft trocken (**trocknet, wird ausgetrocknet**), wenn er trocken war, in feuchter Luft feucht. Aber in welchem Maasse dieser Uebergang erfol-

erfolge, das hängt einestheils von der **specifischen Anziehung** des Wassers zu der Luftart, in welcher sich der hygroskopische Körper befindet und zu dem hygroskopischen Körper selbst ab; anderntheils von der **Temperatur** (§. 704). In wärmerer bleibt mehr Wasser als Dunst mit der Luft gemischt, und das mit dem hygroskopischen Körper verbundene Wasser strebt selbst, Dunst zu werden; in kälterer bleibt das dem h. Körper anhaftende Wasser liquide, und das mit der Luft verbundene strebt zum liquiden Zustande zurückzukehren (§. 759).

Wenn die Luft, in welcher sich ein feuchter hygroskopischer **Körper** befindet, nach Verhältniß ihrer spec. Anziehung zum Wasser und ihrer Temperatur gesättigt ist, so geht aus dem Körper nicht mehr Wasser in sie über, und er bleibt in dem Grade seiner Feuchtheit stehen. Hingegen, wenn er immerfort neuer trockner Luft ausgesetzt wird, (wie in freier Luft bei trocknem Wetter und Winde,) oder die trockne Luftmasse nach Verhältniß seiner Masse sehr groß ist, so kann er endlich so weit ausgetrocknet werden, als dieses für die Temperatur möglich ist.

Wenn ein hygroskopischer Körper, welcher sich in eingesperrter Luft befindet, mit Wasser gesättigt ist (§. 1034), so entzieht er der Luft nicht mehr Wasser. Wenn aber der hygroskopische Stoff das Wasser stark anzieht, (wie namentlich frischer ungelöschter **Kalk**, so eben durch Ausglühen ausgedörrtes **Kali**,) dann die Masse des hygroskopischen Stoffes nach Verhältniß der Luftmasse sehr groß ist, oder nach der Sättigung des ersten ein zweiter, dritter h. Körper in sie hineingebracht wird,

so

so kann die Luft endlich so weit ausgetrocknet werden, als dieses für die Temperatur möglich ist.

§. 1066.

Wenn ein fester hygroskopischer Stoff aus Wasserdunst oder auch aus liquidem Wasser, befeuchtet wird, so erfolgt die **Befeuchtung** freilich anfangs nur auf der Oberfläche: aber vermöge des Bestrebens nach Gleichgewicht tritt jedes auswendig liegende feuchte Theilchen die Hälfte seines Wassers dem nächsten unter ihm liegenden gleich großen ab; so geht, wenn der Körper durchaus gleichstoffig ist, das Wasser von Theilchen zu Theilchen fort, bis es durch alle gleichmäßig vertheilt ist. Eben so erfolgt die **Austrocknung** eines Körpers anfangs nur auf der Oberfläche, aber auf gleiche Weise geht das Wasser der inneren Theilchen allmälig an die äusseren über, ꝛc.

§. 1067.

In Rücksicht auf die Vertheilung des Wassers zwischen Luft und festen hygroskopischen Stoffen zeigt sich bei mehreren **Salzen** ein merkwürdiger Unterschied. Einige bleiben an der atmosphärischen Luft Jahre lang fest und trocken, behalten aber auch ihr Krystallisationseis; andere ziehen Wasserdunst aus der Luft an und **zerfliessen**, indem sie in dem an ihnen liquide gewordenen Wasser sich auflösen, nicht nur solche, welche Krystallisationseis haben, sondern auch solche, welche

durch Schmelzen in der Glühehitze ihr dabei verdunstendes Krystallisationseis ganz verloren hatten; andere hingegen verlieren durch Verdunstung ihr Krystallisationseis an die umgebende Luft, verlieren dadurch ihre Zusammenhaltung und Gestalt, und **zerfallen** in Staub.

§. 1068.

Auch in niedrigerer Temperatur (§. 1061) wird liquides Wasser, ja selbst Eis, von der Oberfläche aus zu Dunst, wie sich durch leicht anzustellende Versuche beweisen läßt. Man nennt diese Veränderung die **Ausdünstung**, auch die **Verdunstung** des Wassers, und zwar die **unmerkliche**, wenn sich dabei keine sichtbare Dämpfe zeigen. Sie entsteht ebenfalls durch Wirkung der Wärme; aber diese Wirkung schließt die Mitwirkung der umgebenden Luft nicht aus. Es ist offenbar, daß die Luft (hier ist fürs erste nur von gemeiner die Rede) Wasserdunst auflöset (§. 1063), sie hat also Anziehung zum Wasser, und vermöge dieser Anziehung befördert sie die Verdunstung des Wassers auf der Oberfläche, an welcher sie dasselbe berührt. Nur daher läßt sich erklären, warum zur Verdunstung schon geringere Wärme hinreicht, (weil die Wärme nicht allein wirkt,) wie selbst Eis, und sogar das Krystallisationseis mancher Salze verdunsten kann, warum die Verdunstung in trockner Luft schneller, in feuchter langsamer geschieht, warum Wind so schnell trocknet, indem er immerfort neue noch

trock-

trockne Luftschichten herbeiführt, und warum eine Quantität Wasser desto schneller verdunstet, je mehr sie Oberfläche hat.

In einem Gefäße stillstehendes liquides Wasser wird durch diese Verdunstung nach und nach vermindert. Steht das Gefäß auf einer Wagschaale, so kann man diese Minderung von Stunde zu Stunde an der Abnahme des Gewichts bemerken. Eben so an einem Stücke Eis, das auf einer Wagschaale liegt. Gauteron beobachtete, das eine Unze Eis in 24 Stunden 100 Gran (*Mem. de l'ac. de Paris.* 1709. p. 451.), Mairan (von dem Eise S. 240.) daß ein Stück Eis in 24 Stunden über den fünften Theil seines Gewichts verlor.

Memoire sur l'elevation et la suspension de l'eau dans l'air par *Mr.* le Roi in den *Mem. de l'ac. de Paris.* 1751. p. 481. De Saussure's Theorie der Ausdünstung in s. Hygrometrie. §. 181. fgg. 234 fgg. de Luc's Theorie in s. Meteorologie §. 1. fgg. und in den *philos. Transact.* 1792. II. p. 406. Gren's Journal der Physik. VIII. S. 141. 293. Obwohl er im allgemeinen die Dünste bloß als ein Product des Wassers mit dem Feuer betrachtet, giebt doch §. 14. ihre Mischung mit der Luft zu. Michael Hube über die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre. Leipzig 1790. 8.

§. 1069.

Ein feuerbeständiger, fester oder liquider, **Wasser enthaltender Körper** läßt dasselbe als **Dunst** fahren, oder **hält es an sich**, je nachdem die Temperatur höher oder niedriger ist, und sein Stoff zum Wasser weniger oder mehr specifi-

sche Anziehung hat und des Wassers mehr oder weniger nach Verhältniß der Masse des Körpers ist.

Allemal ist, um Wasser aus einem damit begabten Körper, der feuerbeständiger ist, als Wasser, zu verflüchtigen (§. 787), eine höhere Temperatur nöthig, als für bloßes Wasser hinreicht, weil der Dehnkraft, die das Wasser zu verflüchtigen strebt, dann nicht bloß die Masse des Wassers, sondern auch seine Anziehung zu dem Stoffe des andern Körpers, widersteht.

Wenn das Wasser mit dem Stoffe des Körpers (§. 1031) gemischt ist, so ist größere Hitze nöthig; geringere, wenn es nur mit ihm gemengt ist; noch geringere, wenn es nur an seiner Oberfläche haftet.

Auch bei bloßer Mengung und Anhaftung zeigt sich die verschiedene Stärke der spec. Anziehung (§. 131); indem einige Stoffe (Thon ꝛc.) in gleicher Temperatur und unter übrigens gleichen Umständen ihr Wasser viel langsamer fahren lassen, als andere (Sand ꝛc.).

Je mehr die Masse des Wassers beträgt, welche ein Körper nach Verhältniß seiner eigenen Masse mit sich gemischt oder gemengt enthält, desto geringere Wärme reicht zur Verflüchtigung des Wassers hin. Wie aber das Wasser durch die Verdunstung abnimmt, so erfordert seine Verdunstung immer stärkere und stärkere Hitze, weil jedes Theilchen Wassermasse von immer mehr Masse des andern Stoffs zurückgehalten wird. In manchen Fällen verflüchtiget sich sodann mit dem Wasser ein Theil des andern Stoffes, und das lezte wenige Wasser, welches ein Körper enthält, der selbst Glühehitze aushalten kann, ohne verflüchtigt zu werden, wird nur durch Glühehitze herausgetrieben.

§. 1070.

§. 1070.

Bloße Hitze versetzt das Wasser nur in den Zustand eines **Dunstes**. Wasserdunst aus siedendem Wasser durch goldene, silberne, kupferne, porcelanene, gläserne ꝛc. Röhren geleitet, welche zwischen glühenden Kohlen glühen, bleibt Wasserdunst und verdichtet sich durch Abkühlung wieder zu liquidem Wasser.

Adam Wilh. von Hauch's Versuche über die Zergliederung des Wassers in Gren's Journal der Physik. VIII. 1. S. 27.

§. 1071.

Hingegen entsteht aus Wasserdunst, wenn er durch **glühendes Eisen** geleitet wird, ein **Gas**, welches nicht allein dadurch von dem Gas oxygene sich unterscheidet, daß es viel (im Verhältniß 1:16) specifisch leichter ist, sondern in seinen Eigenschaften dem Gas oxygene geradezu entgegengesetzt erscheint, indem brennbare Körper nicht in ihm brennen können, athmende Thiere in ihm ersticken, es aber selbst brennbar ist. Von der leztern Eigenschaft heißt es **brennbares oder entzündbares Gas** (*Gas inflammabile*); Lavoisier nannte es **Wasser zeugendes Gas** (*Gas hydrogenium*) und die materielle Grundlage desselben **Wasser zeugenden Stoff** (*Hydrogenium*, Hydrogene), (welchen Namen man im Teutschen durch **Wasserstoff** auszudrücken pflegt,) weil bei dem Verbrennen dieses Gas Wasser entsteht.

Wegen

Wegen seines geringen spec. Gewichts taugt dieses Gas zu den Aerostaten §. 426).

Reines brennbares Gas in einer engmündigen Flasche eingeschlossen, brennt, nachdem es an der Mündung angezündet worden, langsam und allmälig ab, weil es nur da brennen kann, wo es die äussere Luft berührt. Wenn aber brennbares Gas und Lebensluft zusammen (**Knalluft**) eingeschlossen sind, so verbrennt bei der Entzündung die ganze Quantität plötzlich mit einem Knalle (§. 838).

Die Entzündung des brennbaren Gas kann durch einen schwachen elektrischen Funken (§. 997) geschehen. Die **Volta'sche Pistole**. Die **Fürstenbergersche Brennluftlampe**. **Ingenhouß** vermischte Schriften von Molitor. Wien 1784. 8. I. S. 213.

§. 1072.

Eben dieses Gas entsteht aus Wasserdunst, wenn derselbe durch glühenden **Zink** oder **Manganesium** streicht. Allemal aber wird dabei zugleich Oxygene erzeugt, welches an die Metalle tritt und dieselben oxydirt. Die Zunahme des Metalls oder die Quantität des erzeugten Oxygene sammt der Quantität des erzeugten Hydrogene ist dem Gewichte nach der Quantität des verschwundenen Wassers gleich. Es wird also hier das **Wasser in Hydrogene und Oxygene verwandelt**.

Daß bei diesem Processe verschwundene Wasser = 1 gesetzt, beträgt das

Hydrogene	= 0,15
Oxygene	= 0,85
	1,00

Um

Um dies Verhältniß zu finden, muß das Metall in einer porcelanenen Röhre liegen, vor und nach dem Processe gewogen werden; das Gas hydrogene in der pneumatischen Geräthschaft aufgefangen werden; derjenige Wasserdunst, welcher der Wirkung entgeht, muß vermöge einer Kühlrohre abgekühlt werden, damit er zu luiquidem Wasser verdichtet und von dem Gas abgesondert werde.

Lavoisier von der Zersetzung des Wassers in den *Mem. de l'ac. de Paris.* Ann. 1781. p. 269. deutsch in der Uebers. s. Schriften von H. F. Link. IV. Greifswald 1792. S. 34. Lavoisier *traité elementaire*. p. 91. von Hauch a. a. O. S. 36. 39.

Sehr merkwürdig, obwohl wenig beachtet, ist Leidenfrost's Beobachtung, daß ein Tropfen reinen Wassers in einem glühenden blanken eisernen Löffel, nicht mit concaver, sondern mit convexer Oberfläche fließt, und nicht kocht, sondern langsam verschwindet, da er hingegen auf minder heissem Eisen schnell versiedet. Jo. Gottl. Leidenfrost *de aquae communis nonnullis qualitatibus.* §. 15. *Opusc. phys. med.* Lemgov. 1797. III. p. 35. Geht hier vielleicht eben solche Verwandlung des Wassers vor?

§. 1073.

Diese Verwandlung des Wassers in Hydrogene und Oxygene erfolgt auch durch Wirkung der Elektricität, mit dem Unterschiede, daß dadurch auch das Oxygene zu Gas wird.

Ungeachtet das Wasser die Elektricität leitet (§. 931), so entsteht dennoch ein elektrischer Funken, (wenigstens Erschütterung und Licht,) wenn die (§. 978) bestimmten

Um

Umstände Statt finden, und es entbinden sich brennbares Gas und Lebensluft, die sich mit einander zu Knallluft (§. 1071) vermengen. **Paets van Troostwyk** und **Deimann** über die Zerlegung des Wassers in **Gren's** Journal der Phys. II. 1. S. 130. **Pearson** über die Luft, welche aus dem Wasser durch el. Funken entwickelt wird aus den *phil. Transact.* 1797. p. 142. übers. in **Gilbert's** Ann. II. 2. S. 154.

Um diese Wirkung hervorzubringen, muß reines ausgekochtes Wasser in einer (1″ im Durchm. habenden) gläsernen Röhre eingeschlossen seyn, die an beiden Enden durch metallene Hauben luftdicht geschlossen ist. Durch jede derselben muß ein metallener Leiter gehen, so daß die innern Enden derselben etwa einen halben Zoll rc. von einander abstehen. Der eine Leiter, welcher E von der Maschine empfängt, muß durch eine enge Glasröhre gehen, welche mitten durch die metallene Haube geht, und so mit Harz luftdicht eingekittet seyn. Die andere Haube muß in Schraube und Schraubenmutter abgetheilt seyn, damit die Röhre geöffnet und mit Wasser gefüllt werden kann. Die Entfernung der Leiter von einander muß nur so groß seyn, daß man im Dunkeln Licht an ihren Enden sieht: wenn sie zu groß ist, so erfolgt (wie?) eine Zerschmetterung der Röhre. **Gren's** Apparat in s. Journal der Phys. II. S. 294. **von Marum's** Methode in **Gilbert's** Ann. XI. 2. S. 220.

Ritter's Versuche (**Gilbert's** Ann. IX. 1. S. 1.) haben gezeigt, daß bei dieser Wirkung der + E habende Leiter das Wasser in **Oxygene**, der — E habende in **Hydrogene** verwandle. Man verbinde den einen jener beiden ins Wasser geführten Leiter mit der äussern Belegung einer Kleistischen Flasche, die am ersten Leiter einer Glas-E. Maschine steht, den andern mit dem ersten

sten Leiter selbst, und bringe die Maschine in Gang. Allemal entbindet sich am — E Leiter (der von der äussern Belegung der Flasche kommt) Gas hydrogene, gleichviel von welchem Metalle er sei; am + E Leiter entbindet sich nur dann Gas oxygene, wenn er von Platina oder Golde ist; ist er von Silber oder von einem unedlen Metalle, so wird er selbst oxydirt.

Leichter erfolgt die Wirkung, wenn man el. Funken durch frisches kohlensaures Gas schlagen lässet, das aus Kalkspath durch Glühehitze entbunden worden, und den zugleich mit ihm aus dem Kalke entbundenen Wasserdunst aufgelöset enthält.

Man sieht übrigens aus dieser Wirkung, daß das Wasser auf andere Weise die E. leite, als Metalle. Auch wird eine Flasche, wenn Wasser in der Entladungskette liegt (§. 989), nicht ganz entladen, und der Funken ist roth, dumpfer und kleiner, da er hingegen, wenn bloß Metalle die Kette ausmachen müssen, stärker knallend und größer ist. Heller über das Leitungsvermögen des Wassers in Gilbert's Annalen VI. 3. S. 250. Volta ebend. XIV. 3. S. 263.

§. 1074.

Uebrigens werden diese Metalle, Zink, Eisen und Manganesium, schon **ohne Glühehitze** und **ohne Elektricität** durch Wasser **oxydirt**, indem zugleich aus dem Wasser sich **brennbares Gas** entbindet. Nur erfolgt die Wirkung langsam und in kleiner Quantität, und es wird dazu erfordert, daß das Wasser mit gemeiner Luft oder mit Gas oxygene in Berührung sey. Es geschieht nicht, wenn

das

das Gefäß, in welchem das Wasser enthalten ist, ganz mit Wasser angefüllt und die Mündung luftdicht verschlossen ist, auch nicht in Gas hydrogene oder im Stickgas. Es scheint dabei eine Art von Leitung des luftigen Oxygene durch das Wasser Statt zu finden.

§. 1075.

Wie das Wasser durch Elektricität in Gas oxygene und Gas hydrogene verwandelt wird, so haben vielleicht **alle Gasarten Wasser** zur wägbaren Grundlage, das durch ein verschiedenes Verhältniß einer von beiden Elektricitäten auf mannigfaltige Weise verändert werden, auch mit anderen Stoffen gemischt, und dann durch Elektricität in den Gaszustand erhoben werden kann. Und so kann auch vielleicht Wasserdunst, nachdem er erst mechanisch in der atmosphärischen Luft aufgelöset worden, vermöge der Luftelektricität dynamisch in ihr aufgelöset werden (§. 1031. 1032).

Keine der Gasarten, welche die Kunst hervorbringt, kann ohne Wasser erzeugt werden, und dieselben Stoffe, welche gemischt ein gewisses Gas erzeugen, geben viel mehr Gas im feuchteren als im trockneren Zustande. Kohlensaure Schwererde giebt in der Glühehitze viel mehr kohlensaures Gas, wenn Wasserdunst durch sie streicht. Bei der Mischung saurer und kalischer Gasarten mit einander, der Oxydirung oxydationsfähiger Stoffe im oxydirten salzsauren Gas zeigt sich allemal Wasser als Nebel ꝛc.

§. 1076.

§. 1076.

Sowohl das Gas hydrogene (§. 1071) als das Gas oxygene (§. 1048), und überhaupt jede Luftart läßt sich (§. 1065) so austrocknen, daß das Hygrometer darin auf das Punct der äussersten Trokkenheit rückt, auch im übrigen kein Zeichen von Feuchtigkeit (§. 1063) in ihm erscheint; ohne daß ihre eigenthümliche Beschaffenheit dadurch im mindesten geändert würde. Daraus erhellt, daß das in einer Luft **aufgelösete Wasser** (§. ebend.) in ihr nur etwas **zufälliges** und von dem wesentlichen Stoffe jeder Luftart selbst wohl zu unterscheiden sey, es mag nun dieser Stoff der Luftart selbst verwandeltes Wasser seyn oder nicht.

§. 1077.

Wenn in einer bisher durchsichtig gewesenen Luft Wasser als Nebel, dann als Tröpfchen, oder Eis, erscheint, so nennt man dieses einen **Niederschlag** des Wassers (§. 1044). Wie wir die Auflösung des Wassers in Luft, bei der es Wasser bleibt, von der Verwandlung desselben unterscheiden, so sind auch die **Niederschläge** des Wassers aus einer Luft von zweierlei Art. Der eine Niederschlag ist solches Wasser, das nur mechanisch aufgelöset war, und entsteht einestheils durch Erniedrigung der Temperatur (§. 759), anderntheils durch Anziehung hygroskopischer Stoffe (§. 1064). Der andere hingegen ist solches Wasser, welches nicht

nicht mehr Wasser, sondern (durch Elektricität ꝛc.) in Luft verwandelt worden war.

§. 1078.

Von dieser Art ist insbesondere das Wasser, welches erscheint, wenn ausgetrocknetes (§. 1065) Gas hydrogene im ausgetrockneten Gas oxygene verbrennt. Es entsteht durch dynamische Mischung (§. 1032) des **Hydrogene** und **Oxygene**, und wird also aus beiden **erzeugt**.

Lavoisier zeigte diese Erzeugung des Wassers, indem er einen vorher durch die Luftpumpe ausgeleerten Recipienten mit Gas oxygene füllte, in diesen aus einer mit Gas hydrogene gefüllter Flasche das leztere durch ein enges Röhrchen (mit Wasserdruck) trieb, den dünnen Gasstrom durch den el. Funken anzündete, und dabei nach und nach neues Gas oxygene auf eben die Weise in den R. hinzuließ.

Bei dieser Verbrennung verzehrt das Gas hydrogene gleichsam das Gas oxygene; indem es selbst als Gas verschwindet, verschwindet das Gas hydrogene mit ihm, so daß ein luftleerer Raum entsteht. Aus beiden entsteht glühender Wasserdunst, welcher durch Abkühlung zu Dampf und dann zu liquidem Wasser wird, das an den kalten Wänden des R. in Tröpfchen erscheint.

428 Kubikzoll	= 15 Gran	Gas hydrogene
168 ——	= 85 ——	Gas oxygene
geben	100 ——	Wasser.

und wenn beide Gasarten in diesem Verhältnisse zusammenkommen, so verschwinden sie beide ganz: beträgt eine von beiden mehr, so bleibt der Ueberschuß von dieser als Gas übrig.

La-

Lavoisier *traité elementaire.* II. p. 342. Martin von Marum's Apparat dazu in Gren's Journal der Physik. V. S. 154. VI. S. 3 Joh. Tob. Mayer's App. in Scherer's allg. Journal der Chemie. V. S. 71.

§. 1079.

Wir finden das Wasser in unserer irdischen Sphäre allgemein verbreitet. Ausser den grossen liquiden Wassermassen, welche im Meere, in den Seen und Flüssen, mit salzigen Stoffen gemischt, enthalten sind, finden wir liquides Wasser in den Säften der Pflanzen und Thiere; auch die festen Theile derselben (selbst Knochen und Holz) enthalten in ihren Zwischenrämen fein zertheiltes Wasser. Die Krystalle der Salze und Steine, welche auf dem nassen Wege entstanden sind, enthalten Krystallisationseis, welches, da es mit ihnen gemischt, und nach Verhältniß der salzigen oder erdigten Masse, der es angehört, nur wenig beträgt, viel strengflüssiger ist, als bloßes Wasser, daher nicht allein in der gemeinen Temperatur fest ist, sondern eine viel größere Wärme erfordert, um zu schmelzen und zu verdunsten, als bloßes Wasser (§. 753 b. 792.).

So enthalten auch viele durch Kunst bereitete liquide Flüssigkeiten, Wein, Bier, Branntwein, Salpetersäure, Schwefelsäure, und wenn sie auch so viel als möglich entwässert sind, dennoch etwas Wasser, von welchem sie ihre Flüssigkeit haben, und die mit ihnen geschehenden Mischungen sind daher Mischungen auf dem nassen Wege (§. 1025).

Aus

Aus Steinen, welche nur sehr wenig Wasser enthalten, kann man dasselbe nur durch Glühen austreiben (§. 1069); eben so aus den mehr enthaltenden Steinen und Salzen das lezte.

§. 1080.

Von der Oberfläche der Erde dunstet immerfort eine Menge Wassers aus, das dann nachher in **Wolken** und **Nebel** erscheint und aus jenen als **Regen, Schnee** und **Hagel** herabfällt. Aber es erscheinen an manchen Orten und zu manchen Zeiten nicht allein weder Wolken noch Regen ꝛc., und die Luft ist äußerst heiter und alle hygroskopische Stoffe, so auch Hygrometer, zeigen ihre Trockenheit. Dieses geschieht, da doch die Kälte den Wasserdunst wieder liquide macht, selbst mitten im Winter bei heiterem Frostwetter und in den hohen kalten Gegenden der Atmosphäre, und es giebt Jahre, in denen Monate lang in einer Gegend kein Tropfen Regen fällt. Hingegen entstehen, in solcher trocken scheinenden Luft, ohne Erniedrigung der Temperatur, nicht allein oft plötzliche Regengüsse, sondern es dauert auch oft wieder das Regenwetter Monate lang fort. Es ist hier offenbar, daß das Wasser durch einen gewissen Proceß in der Atmosphäre als Wasser verschwinde, daß es durch den entgegengesetzten wieder erscheine; aber es ist schwierig nachzuweisen, wie dieses möglich sey, und es kommt auf die Ansicht an, mit welcher man Wasser und atmosphärische Luft betrachtet, ob man

das

das für das Hygrometer verschwundene Wasser nur als dynamisch in Luft aufgelöset, oder als selbst in Luft verwandelt ansehen will.

Essais sur l'hygrometrie par Horace Bened. de Saussure. Neufchatel 1783. 8. Essai 4. §. 268. sqq. Uebers. von J. D. T. (Titius) Leipz. 1784. 8. S. 301. fgg. *Idées sur la meteorologie* par J. A. de Luc. Londres 1786. 8. I. II. Uebers. Berlin u. Stettin 1787. 8. (Zylius) Prüfung der neuen Theorie des Herrn de Luc vom Regen. (Gekrönte Preisschrift.) Berlin 1795. 8. Georg Christoph Lichtenberg's Vertheidigung des Hygrometer's und der de Lucschen Theorie vom Regen. Gött. 1800. 8. Zylius dagegen in Gilbert's Annalen der Physik V. S. 257. VIII. S. 342. Joh. Tob. Mayer über den Regen in Gren's Journal der Physik. V. S. 371. G. C. Lichtenberg darüber in Gilbert's Annalen II. 2. S. 121.

Von diesem Gegenstande ist hier nur vorläufig die Rede. Uebrigens müssen Nebel, Wolken, Regen, Schnee, Hagel, in der Meteorologie betrachtet werden.

§. 1081.

Was hier bisher vom Wasser als Wasser ist bestimmt worden, gilt von reinem Wasser, d. h. solchem, welches gar keine fremden Stoffe enthält. Das in der Natur vorkommende Wasser ist selten oder niemals rein.

Das gemeine Quellwasser enthält Kohlensäure und kohlensauren Kalk, einiges enthält Gyps (d. h. schwefelsauren Kalk), Kochsalz (d. h. salzsaures Natrum), kohlensaure Magnesia, kohlensaures Eisenoxyd, grünen Vi-

Vitriol d. h. schwefelsaures Eisenoxyd ꝛc. Das **Flußwasser** hat die Kohlensäure, welche es als Quellwasser hatte, durch Entbindung derselben als Gas, meist verloren, und den dadurch aufgelöset gewesenen kohlensauren Kalk fallen lassen, enthält aber dagegen organische Stoffe ꝛc. Das **Meerwasser** erthält Kochsalz, salzsauren Kalk, salzsaure Magnesia ꝛc. Das atmosphärische (Regen- Schnee- Hagel-) wasser ist (in freier Luft reinlich aufgefangen) das reinste; obwohl es auch bisweilen etwas Salpetersäure enthält.

§. 1082.

Daher muß man, um sich zur physikalischen Untersuchung des Wassers und zu chemischen Processen auf dem nassen Wege reines Wasser zu verschaffen, gutes Quellwasser durch sorgfältige **Destillation** (§. 702) aus reinen gläsernen Gefäßen **reinigen**. Die Kohlensäure entweicht bei dem Sieden, als Gas; Kalk u. a. feuerbeständige Stoffe bleiben im Kolben zurück.

Indessen ist es uns vielleicht nicht möglich, **vollkommen reines Wasser** zu machen.

§. 1083.

Den Grad der Feuchtheit (§. 1062) einer Luft, d. h. die Quantität des in ihr aufgelöseten Wasserdunstes (§. 1064) zu messen, dienen die **Feuchtheitsmesser** oder **Hygrometer**. Zu einem brauchbaren **Hygrometer** gehört erstlich ein hygroskopischer Körper (§. 1063), welcher so beschaffen seyn muß, daß er sowohl durch Befeuch-

tung

tung als durch Austrocknung merklich verändert wird, das in einer Luft als Dunst aufgelösete Wasser stark anzieht, in trocknerer auch leicht wieder als Dunst entweichen läßt, damit er für gleiche Feuchtheit und Trockenheit vor und rückwärts gleiche Grade am Hygrometer zeige. Zum andern eine Einrichtung, vermöge deren die Veränderung des hygroskopischen Körpers, auch wenn sie nur klein ist, merklich wird, und zum dritten eine zwischen bestimmten Extremen eingetheilte Scale.

§. 1084.

Eine Art von Hygrometern hat zum hygroskopischen Körper einen festen thierischen oder vegetabilischen Körper, der, wenn er feucht wird, vermöge des in seine Poren eindringenden Wassers Ausdehnung erleidet, und wenn er trocken wird, sich vermöge der Elasticität wieder in ein kleineres Volumen zusammenzieht. Am bequemsten läßt man durch die dabei entstehenden Bewegungen eine kleine Welle hin und her bewegt werden, und ein Zeiger, der vom Mittelpunct der Welle in der Richtung ihres Halbmessers ausgeht, zeigt mit seinem äussern Ende an der auf einen Kreisbogen getragenen Scale die erfolgte Aenderung des Volumens um so viel merklicher an, wie ein Punct am Umfange der Welle, als der Zeiger länger ist, wie der Halbmesser der Welle.

Darmsaitenhygrometer. Der zusammengewundene Darm windet sich auf, wenn er feucht, und windet

sich vermöge seiner Elasticität wieder zu, wenn er trokken wird: sein eines Ende ist unbeweglich befestigt, das andere steckt so in einer Welle, daß die Axe der Welle und die Länge des Darms in einer geraden Linie liegen. Von dieser Art sind auch die gemeinen Hygroskope, bei denen die sich senkrecht drehende Welle in feuchter Luft einem Mönchsbilde die Kutte über den Kopf zieht, in trockner sie zurückzieht, oder die sich wagerecht drehende Welle ein Queerholz bewegt, so daß ein Männchen in trockner Luft aus einem Häuschen heraustritt, in feuchter hineintritt. rc. rc.

De Luc's Elfenbeinhygrometer (*Philos. Transact.* LXIII. N. 38. Rozier *obs. sur la physique.* Mai 1775. p. 381. Leipz. Samml. zur Phys. I. 1. S. 10.) Ein hohler elfenbeinener Kylinder 2″ 8‴ lang, inwendig 2‴,5 weit, 0‴,2 dick, mit einer 13 bis 14″ langen Glasröhre verbunden. Das ganze wird bis auf eine gewisse Höhe mit Quecksilber gefüllt; Feuchtheit macht den Kylinder weiter und das Q. fallen, Trockenheit macht ihn enger und das Q. steigen.

Saussure's Haarhygrometer (Hygrometrie. Erster Versuch. §. 1—38.) Ein (am besten blondes) Menschenhaar, wegen der anhängenden fettigen Materie eine halbe Stunde lang in einer Auflösung von Sodasalz (kohlensaurem Natrum) (6 Gran auf die Unze Wasser), dann noch zweimal einige Minuten lang in reinem Wasser gekocht, in kaltem Wasser abgespült und an der Luft getrocknet, ist an einem Ende fest angehängt, an dem andern um eine Welle gewunden. Um eben diese Welle geht in entgegengesetzter Richtung ein Faden, an welchem ein Gewichtchen von 3 Granen hängt. Dieses zieht die Welle nach sich herab und spannt das Haar. Wird das Haar feuchter, so wird es länger, giebt also

so nach und die Welle wird vom Gewichte herabgedreht; wird es trockner, so wird es kürzer, und die Welle wird vom Haare hinaufgedreht. Von der größten Trokkenheit bis zur größten Feuchtheit wird ein solches Haar um 24 bis 25 Tausendtheile seiner Länge ausgedehnt.

De Luc's Fischbeinhygrometer (Meteorologie. I. §. 56. fgg.) enthält statt des Haar's einen sehr schmalen dünnen Streifen von der dicken Rinde der Fischbeinblätter, nach der Breite der Fasern geschnitten; eine Spiralfeder (deren Kraft dem Gewicht einer Drittheilunze gleich ist) zieht die Welle nach der entgegengesetzten Seite und spannt den Fischbeinstreifen.

F. W. Voigt's Federkielhygrometer, nach de Luc's Angabe (Meteorologie. §. 71.) Ein spiralförmig geschnittener Streifen aus einem Federkiele, welcher durch Befeuchtung länger wird ꝛc. Trommsdorff's Journal der Pharmacie. IX. 1. S. 318.

§. 1085.

Andere Arten von Hygrometern bestimmen die Zunahme und Abnahme der Feuchtheit in der Luft, in der sie sich befinden, durch die Zunahme und Abnahme des Gewichts, indem sie Wasser aus der feuchteren Luft anziehen oder in die trocknere Luft ausdünsten. Der hygroskopische Stoff muß bei solchen Hygrometern in einer Wagschaale einer Wage liegen, ꝛc.

Schwämme mit Salmiakauflösung getränkt, nachher wieder getrocknet. Gemeines (nicht ganz mit Kohlensäure gesättigtes) Kalk oder Weinsteinsalz in einem gläsernen Schäälchen ꝛc. Nur geben diese Stoffe das an-

gezogene Wasser nicht so leicht wieder ab, als sie es anziehen, so daß sie, einmal feucht geworden, nachher noch nicht wieder auf das kleinere Gewicht zurückkommen, welches sie in trockener Luft hatten, obwohl die Luft wieder eben so trocken ist, als vorher. Brauchbarer als Salze sind gewisse Steine, ein Thonschiefer, welchen Tobias Lowitz zu Dmitrieffsk in Astrachan gefunden hat (Götting. Mag. der Wiss. und Lit. III. Jahrg. 4. St. Num. 2.), das Weltauge (das Weltauge, ein Hygroskop, von J. D. G. Schreber im 19. St. des Naturforschers. Halle 1783.) &c.

Ganz verschieden von diesen Arten ist Leslie's Hygrometer, welches die Feuchtigkeit der Luft darnach misset, wie viel liquides Wasser in ihr verdunstet und dessen Gestalt und Einrichtung mit der des Photometer's (§. 699) übereinkommt, mit dem Unterschiede, daß beide Kugeln von farbenlosem Glase sind, und mit Goldschlägerhaut genau umwickelt werden. Eine von beiden wird mit liquidem Wasser befeuchtet, die andere nicht. Durch Verdunstung des Wassers wird die befeuchtete Kugel erkältet, desto mehr, je mehr Wasser verdunstet; und es verdunstet desto mehr, je trockner die umgebende Luft ist. Lüdicke's Beobachtungen an demselben ebend. X. 1. S. 110. C. W. Böckmanns Beob. in Vergl. mit de Saussure's und de Luc's Hygrometern ebend. XV. 3.

§. 1086.

Die Scale (§. 733. 1083) an einem Hygrometer erfordert die schwierige Bestimmung des Trockenheitspuncts für die äusserste Trockenheit, und des Feuchtheitspuncts für die äusserste Feuchtheit, als Extreme der Scale.

Um

Um diese Puncte zu bestimmen, muß man das Hygrometer einmal in eine (in einem gläsernen Recipienten eingesperrte) Luft setzen, welcher man durch feste höchst trockne Stoffe, die zum Wasser starke Anziehung haben, die Feuchtigkeit, so weit dieses dadurch möglich ist, benommen hat, und das andremal in eine solche, welche durch lange Berührung mit liquidem Wasser durch Verdunstung desselben äusserst feucht geworden. Jedesmal muß die Luft durch Quecksilber gesperrt seyn, (indem die untere Mündung in Q. steht,) und man muß das Hygrometer darin stehen lassen, bis der Zeiger nicht mehr weiter geht, sondern ruhig stehen bleibt. De Saussure (Hygrometrie. §. 19—21) trocknet die Luft durch Kali aus, welches auf einem Bleche ausgeglühet, und sammt dem Bleche so heiß hineingeschoben worden, als es der enthaltende Recipient ertragen kann. (Er bereitet dieses Kali durch Verpuffung von gleichviel Weinstein und Salpeter.) De Luc (Meteorologie. I. §. 51. fgg.) bedient sich des ungelöschten noch frischen Kalks (der durch Ausglühen sein Wasser mit der Kohlensäure verloren hat und es begierig anzieht), weil er heftiger ausgeglühet werden kann, und beim Anziehen des Wassers aus der Luft selbst trocken bleibt, nicht zerfließt. Siehe oben §. 1065. Das Punct der äussersten Feuchtheit zu bestimmen, stellt de Saussure (§. 17) das Hygrometer in einen Recipienten, dessen inwendige Fläche durchaus mit einem nassen Schwamme befeuchtet ist, und welcher auf einem Teller ruhet, auf welchem einige Linien hoch Wasser steht; de Luc (§. 17) aber bestimmt dieses Punct dadurch, daß er das ganze Werkzeug in liquides Wasser taucht.

§. 1087.

§. 1087.

Wenn die Feuchtheit einer Luft vermöge solcher Werkzeuge **verglichen** werden soll, so muß dieses 1) von einem und demselben **hygroskopischen Stoffe** geschehen; verschiedene können wegen der ungleichen Anziehung keine vergleichbaren Hygrometer abgeben. Eben so lassen 2) nur **Gasarten von gleichem Stoffe** sich durch ein Hygrometer vergleichen; gewöhnlich gebraucht man sie nur für die gemeine Luft: 3) kann die Feuchtheit einer und derselben Luft mit einem und demselben Hygrometer nur in einerlei **Temperatur** verglichen werden, und das Hygrometer ist ohne Thermometer ein unbrauchbares Werkzeug §. 1063).

Ein Hygrometer in eingesperrte Luft gebracht, bewegt sich sogleich gegen das Trockenheitspunct hin, wenn der Recipient erwärmt wird, und umgekehrt.

Unvollkommenheit der Hygrometrie, wegen der Abhängigkeit der Wirkung hygroskopischer Stoffe von der Temperatur; wegen der unbekannten Quantität rückständigen Wasserdunsts in einer Luft, welche hygroskopische Stoffe nicht mehr befeuchtet; wegen der Veränderlichkeit der spec. Anziehung der atm. Luft zum Wasserdunst, durch Veränderung ihrer materiellen Beschaffenheit rc.

Parrot's Umwandlung der Hygrometrie in **Gilbert's** Annalen. X. 2. S. 166. **Böckmann's** Bemerk. darüber ebend. XI. 1. S. 66. **Wrede's** Bemerk. ebend. XII. 3. S. 319.

Sie-

Siebenzehntes Kapitel.

Von dem Galvanismus.

---

§. 1088.

Unter dem Namen **Galvanismus**, im weiterem Sinne des Namens, verstehen wir einen gewissen dynamischen Proceß, in welchem Elektricität, Magnetismus und chemischer Proceß mit einander vereinigt sind.

Der **Galvanismus** im engern Sinne, oder die Wirkung dieses dynamischen Processes auf den Organismus hat seinen Namen vom **Aloysius Galvani** zu Bologna, welcher diese Wirkung im Jahre 1791 entdeckt hat. Man hat dann diesen Namen auf den Proceß selbst, welchen ich oben Galvanismus im weitern Sinne genannt habe, und alle seine Wirkungen, auch in der anorganischen Natur, übergetragen, obwohl die erste Aufklärung dieses Processes im Ganzen dem grossen Physiker zu Como, **Alexander Volta**, gebührt.

§. 1089.

Die erste Bedingung des Galvanismus besteht darin, daß zwei **ungleichstoffige**, oder wenigstens ausserdem **ungleichartige** (*heterogenea*) Körper einander **berühren** (§. 162). Diese heissen **Erreger** (*Excitatores*), in so fern sie durch ihre wechselseitige Berührung Elektricität erregen. Die Erfahrung lehrt bisher, daß dazu nicht einander ent-

entgegengesetzte Stoffe (§. 1020) erforderlich sind, daß vielmehr solche Körper durch ihre wechselseitige Berührung E. erregen, welche einander ähnlich, und nur gewissermaassen von einander verschieden sind.

§. 1090.

In der leblosen Natur sind die **Metalle** und die den Metallen in gewisser Rücksicht ähnliche **Kohle**, die stärksten Erreger des Galvanismus, obwohl alle Metalle einander beträchtlich ähnlich sind. Aber wahrscheinlich ist eben die besondere Beschaffenheit der Metalle, welche sie des Magnetismus fähig macht (§. 903. 921), auch dasjenige, durch welches sie zur Erregung des Galvanismus so vorzüglich taugen. Im allgemeinen wirken dieselben dazu desto stärker, je verschiedener sie sind. So sind **Zink**, ein sehr leicht oxydirbares Metall, welches in der Wahlverwandschaft des Oxygen unter allen Metallen die höchste Stelle hat, und **Silber**, ein schwer oxydirbares Metall, welches in derselben Wahlverwandschaft eine sehr niedrige Stelle hat, vorzüglich wirksame Gefährten. Dem Zinke ist für seine Wirkung im Galvanismus kein anderes Metall gleich zu setzen. Die Wirkung des Silbers leistet **Gold** eben so stark als Silber, wenn nicht noch stärker, **Kupfer** etwas schwächer.

Im allgemeinen ist die Reihe der Metalle hier diese:
Zink. — — Blei, Zinn, Eisen. — Spießglanz, Arsenik, Nickel? Kobalt, Wismuth, (Messing). — — Kupfer, Platina, Gold, Silber, Queck-

sil-

silber. — **Kohle** (von Holz), **Plumbago**, (schwarzes) **Manganesoxyd**. Je weiter von einander entfernt je zwei und zwei in dieser Reihe die genannten Stoffe sind, desto stärker erregend sind sie für den Galvanismus, wenn sie einander berühren. S. §. 1091.

Daß verschiedene Metalle bei dem Galvanismus desto stärker wirken, je **verschiedener sie in Rücksicht auf ihre Oxydationsfähigkeit** sind, kann man wohl nicht als allgemeine Regel festsetzen. Denn in der Volta'schen Säule kann Kupfer, eines der Metalle, welche sehr leicht oxydirt werden, und welches nächst Zink, Eisen, und Zinn die nächste Verwandschaft zum Oxygene hat, mit Zink gepaart statt Silber angewandt werden, und wirkt nur so viel schwächer, daß 120 Plattenpaare Kupfer und Zink so viel wirken, als 100 Plattenpaare Silber und Zink. **Eisen**, statt des Zinks, mit Silber gepaart in der Volta'schen Säule angewandt, wirkt bei weitem schwächer als Zink, obwohl Eisen gewiß eben so leicht oxydirbar ist, als Zink, und nächst dem Zinke zum Oxygene die nächste Verwandschaft hat; und hingegen ist eine Säule von Eisen und Zink nicht ganz ohne Wirksamkeit rc. **Plumbago**, auch **Holzkohle**, kann die Stelle des Silbers vertreten, obwohl der Kohlenstoff dem Oxygene näher verwandt ist, als alle Metalle. Es kommt also wahrscheinlich weder bloß darauf, ob sich der eine Erreger viel leichter oxydirt, als der andere, noch bloß darauf, ob er zum Oxygene eine nähere Verwandschaft hat, als der andere, sondern noch auf eine **andere Verschiedenheit** an.

Besonders merkwürdig ist es, daß das schwarze **Manganesoxyd** eben so wirksam ist, als ein Metall.

Zur Erleichterung im Vortrage wollen wir hier fürs erste bei der Combination von **Zink** und **Silber** stehen bleiben,

ben, jenes mit Z, dieses mit S bezeichnen. Was aber hier vom Zink gesagt werden wird, das gilt im allgemeinen von einem mehr oxydationsfähigen Stoffe, den wir mit P, und was vom Silber gesagt werden wird, das gilt von einem weniger oxydationsfähigen Stoffe, welchen wir mit p bezeichnen wollen.

§. 1091.

Wenn eine Zinkplatte und eine Silberplatte, beide mit recht ebenen platt abgeschliffenen blank metallischen Flächen auf einander gelegt werden, so entsteht durch ihre bloße Berührung Elektricität. Das Zink erhält + E, das Silber — E, ohne Zweifel auf die Weise, welche wir oben **Vertheilung** (§. 952) genannt haben, wiewohl diese Art der Vertheilung wieder ihr besonderes hat, das, wie der Grund dieser Vertheilung, nur aus vollkommener Kenntniß der Metalle würde begriffen werden können.

Dasselbe erfolgt bei einer Zinkplatte und einer Kupferplatte; einer Zinkplatte und einer Scheibe von Plumbago rc. Von je zwei Metallen rc. in jener Reihe (§. 1090. Note 1) erhält, wenn sie einander berühren, das dort in einer erst stehenden Abtheilung genannte + E, das in einer leztgenannten — E, und je weiter sie dort von einander entfernt stehen, desto stärker werden beider Elektricitäten. Die daselbst nur durch ein Comma geschiedenen wirken auf einander schwach, meist so schwach, daß ihre Rangordnung sich nicht gewiß bestimmen läßt. Der entschiedenste und größte Unterschied ist zwischen dem hier durchaus + E erhaltenden

den Zink und dem folgenden. Mit dem schwarzen Manganesoxyd werden alle andere + E.

Nach Volta entsteht hier ein elektrischer Proceß von ganz eigener Art, den man eine Störung des elektrischen Gleichgewichts (oder eine Elektricitätserregung) durch Impulsion nennen mögte. Das Zink erhält + E, das Silber — E, und zwar so, daß diese beide E sich einander nicht (völlig) binden, sondern jedes nach seiner äussern (von der wechselseitigen Berührung abgewandten) Seite auf andere Körper wirken kann.

Die elektrische Spannung (§. 949) welche durch eine solche Wechselwirkung in einem einzigen Metallpaare entsteht, ist jedoch auch bei großen Metallplatten von 8″ im Durchmesser und bei den günstigen Umständen nur schwach, so daß sie auch an einem sehr empfindlichen Elektrometer erst mit Hülfe des Condensators (§. 1006) erkannt werden kann. Das E eines Paars Zink und Silber bringt vermöge des Condensators, wenn dieser dasselbe 120mal verstärkt, Volta's Strohhalmelektrometer erst auf 2°, also an sich selbst dasselbe E. M. nur auf ein Sechzigtheil eines Grades Divergenz (§. 982). Und auch dann muß, damit die eine Platte auf den Condensator wirke, die andere mit einem Leiter von hinlänglich großer Capacität in leitender Verbindung stehen. Jedes Punct eines der beiden einander berührenden und dadurch wechselseitig Elektricität bewirkenden Körper kann nur dann elektrisch nach aussen wirken, wenn zu gleicher Zeit ein von ihm heterogenes Punct elektrisch nach aussen wirkt, und nur mit der Quantität nach aussen wirken, mit welcher zu gleicher Zeit das heterogene Punct nach aussen wirkt (Jäger am unten ang. O. S. 419).

Wenn

Wenn der Deckel des Condensators von Kupfer ist, und bei jener Wirkung mit der Silber- oder Kupferplatte berührt wird, so erhält er ohne weiteres — E. Aber bei der Berührung mit der Zinkplatte bleibt er indifferent, weil er die Wirkung des Silbers oder Kupfers von der andern Seite aufhebt. Damit der Deckel + E erhalte, muß zwischen die berührende Zinkplatte und den kupfernen Deckel eine mit Wasser getränkte Tuchscheibe gelegt werden, oder der Deckel muß auch von Zink seyn. Der Grund wird aus dem folgenden erhellen.

Auf die Größe der Berührungsfläche beider Metalle ꝛc. scheint nach **Volta** nichts anzukommen (?)

Es ist bequem, wenn beide Platten isolirende (§. 936) Handgriffe haben. Hebt man damit die den nahen Condensator berührende Platte bei der Berührung ein wenig ab, so zeigt ihr E sich viel stärker, weil während der Berührung beide E einander doch einigermaassen binden (§. 954). **Erman** in **Gilbert's** Ann. XI. 1. S. 90. An zwei grossen und einander mit geschliffnen Oberflächen sehr genau berührenden Platten kann man beider E zugleich zeigen, wenn man, nachdem sie stundenlang an einander gelegen haben, sie mittelst gläserner Handgriffe von einander entfernt.

Volta's erste Abhandlung über die sogenannte galvanische Elektricität aus den *Annales de Chimie* übers. in **Gilbert's** Annalen. X. 4. S. 421. Vollständiger in **Pfaff's** und **Friedländer's** franz. Annalen für die Naturgesch. Physik ꝛc. Hamburg 1802. II. S. 1. **Volta's** frühere Notiz in **Gren's** neuem Journal der Physik. IV. 4. S. 474. (**Christ. Heinr.**) **Pfaff's** Grundzüge von **Volta's** elektr. Theorie der Erscheinungen seiner Säule in **Gilbert's** Annalen X. 2. S. 219.

(Carl

(Carl Christoph Fried.) Jäger über die elektroskop. Wirkungen der Volta'schen Ketten ebend. XIII. 4. S. 399.

§. 1092.

Die andere Bedingung des Galvanismus ist flüssiges oder feuchtes (§. 1062) **Wasser** (das wir im folgenden mit W bezeichnen wollen). Durch Berührung des P und p entsteht nur Elektricität, noch nicht Galvanismus (§. 1088). Wenn Wasser der entgegengesetzten Wirkung heterogener Metalle (oder anderer Erreger) ausgesetzt wird, so theilt es sich in zwei Zonen, deren jede ihre eigne Elektricität, die eine + E, die andere — E, zeigt.

Erman's Theorie der Volta'schen Säule in Gilbert's Annalen. XI. 1. S. 93.

Flüssiges Wasser enthaltende oder feuchte Körper (§. 1062), wenn sie ausser dem Wasser ungleichstoffig sind, werden wir unten mit W und w bezeichnen.

§. 1093.

Im Allgemeinen sind alle Leiter der Elektricität (§. 931) auch **Leiter** des Galvanismus, alle Nichtleiter der E. (§. 932) auch Nichtleiter des G. Eine Reihe von Erregern und Leitern für den G. heißt eine **galvanische Kette.** Die Folge wird aber lehren, daß man bei den in der galvanischen Kette liegenden Körpern wohl unterscheiden muß, ob sie bloß Leiter sind, d. h. einerlei E vom vorhergehenden Gliede zum folgenden fortführen, oder ob sie auch Erreger (§. 1089) sind, d. h. durch ihre Be-

Berührung den Gegensatz des + E und — E selbst bewirken.

Volta nennt die Metalle und anderen trocknen Stoffe, welche als Leiter in der Galvanischen Kette wirken, Erreger (Excitatores) der ersten Classe, Wasser und alle vermöge des Wassers wirkenden feuchten Stoffe Erreger der zweiten Classe. Es können aber nach Verschiedenheit der Lage, Berührung, ꝛc. in einigen Fällen Metalle, Kohlen, und andere trockne Körper bloß leiten, in andern erregen, so wie in einigen Fällen feuchte Körper bloß leiten, in andern erregen. Humboldt nennt sie daher verbindende Glieder der ersten und zweiten Classe.

Nach Humboldt (über die gereizte Faser. S. 184. 433) und Ritter (Voigt's Mag. für Naturkunde. II. 2. S. 366) sind sehr trockne Knochen, heisses Glas und Flamme Nichtleiter des Galvanismus, obwohl sie die Elektricität leiten (§. 931. 937). Sehr trockne Knochen leiten doch auch die E. schlecht (§. 934). Nach Erman (über die Fähigkeit der Flamme, der Knochen, und des luftleeren Raums, die Wirkungen der Volta'schen Säule zu leiten in Gilbert's Annalen. XI. 2.) erfolgt die Leitung durch diese Stoffe nicht weniger, als bei der Elektricität. Dieser scheinbare Widerspruch hebt sich bei der Flamme durch Erman's eigne Bestimmung der Unipolarleitung (S. unten §. 2010), bei dem glühenden Glase und den trocknen Knochen dadurch, daß der einfache Galvanismus schwieriger fortgeleitet wird, als der in Volta's Säule vervielfachte. Auch nach Pfaff leitet glühendes Glas bei Volta's Säule. Gilbert's Annalen. VII. 2. S. 250.

Holzkohle leitet den Galvanismus gut, giebt auch an
starke Volta's Säule ~~keine~~ Funken. Hingegen der Demant nicht

nicht. Humboldt (a. a. O. S. 436.) fand ihn bei seinen galvanischen Versuchen an Thieren nichtleitend. Auch giebt er an Volta's Säule keine Funken. Vergl. §. 932.

Eis ist für den Galvanismus eben so ein Nichtleiter, wie für die Elektricität. Erman a. a. O. S. 165. Bouvier im *Journal de Phys. et Chim. par* van Mons N. 10. p. 52.

§. 1094.

Die Erscheinungen, welche wir unter dem Namen Galvanismus begreifen, entstehen **nicht** 1) durch bloße Berührung zweier heterogener **Metalle** (oder anderer trockner Leiter), 2) durch bloße Berührung zweier heterogener **feuchter Leiter**, 3) durch Berührung **eines** Metalls und **eines** feuchten Leiters, 4) durch Berührung eines feuchten Leiters mit zween heterogenen Metallen, wenn sich die beiden Metalle nicht einander berühren, 5) durch Berührung eines Metalls mit zween heterogenen feuchten Leitern, wenn sich die beiden feuchten Leiter einander nicht berühren. Sie entstehen hingegen 1) wenn zwei heterogene **Metalle** einander, und **eines** von beiden einen **feuchten Leiter** berührt, 2) wenn zwei **Metalle** einander berühren, und **jedes** auf seiner Seite einen **feuchten Leiter** berührt, 3) wenn zwei heterogene **feuchte Leiter** einander berühren, und **einer** der beiden ein **Metall** berührt, 4) wenn zwei **feuchte Leiter** einander berühren, und **jeder** auf seiner Seite ein Metall berührt.

Aus

Aus diesen Bestimmungen folgt, daß (§. 1090, 1092)

Pp PpP pPp
oder Ww WwW wWw
oder PW
oder PWp WPw

noch nicht galvanische Ketten sind; daß aber

PpW pPW WPpW
WwP wWP pWwP

galvanische Ketten sind. Wenn das lezte Glied einer solchen Kette mit dem ersten unmittelbar oder durch ein taugliches Zwischenglied in leitende Verbindung tritt, so heißt die Kette geschlossen; wenn aber die beiden Endglieder frei sind, so heißt sie nicht geschlossen. Gewisse Wirkungen zeigen sich schon bei nicht geschlossener, gewisse andere erst bei geschlossener Kette; einige indem sie geschlossen, andere indem sie wieder geöffnet wird.

§. 1095.

Metalle und **Kohle** wirken in der galvanischen Kette, jedes einzeln bloß als Leiter; nur dadurch werden sie Erreger, wenn zwei verschiedene einander berühren. Wasser als **Wasser** ist nur Leiter; aber es leitet anders, als die Metalle (§. 1052). **Feuchte Leiter** leiten, in so fern sie feucht sind, wie Wasser. Erreger sind sie nur dann, wenn sie auf gewisse Weise, (wie Schwefelkali und Schwefelsäure, Nerv und Muskel,) heterogen sind.

§. 1096.

Man lege auf eine trockene Glasplatte eine Silberplatte, auf diese eine Zinkplatte, auf diese

eine

eine Wasserschicht (ein Stück Pappe mit reinem Wasser getränkt). Dann hat man eine einfache galvanische Kette, deren Schema SZW oder allgemein pPW ist. Führt man von der Silberplatte einen Silberdrath oder ein Silberblech zu dem Wasser, so ist die Kette geschlossen.

§. 1097.

Das Zink wird, in dieser Kette liegend, viel geschwinder und stärker oxydirt, als wenn es allein ist (§. 1074); doch unter der Bedingung, daß das Wasser mit Oxygene im Gaszustande, gemeiner Luft (oder Lebensluft) in Berührung sey.

Ash's Brief an Humboldt in des leztern Vers. über die gereizte Faser. I. S. 472. Fabroni über die chemische Wirkung der Metalle auf einander in Gilbert's Annalen. IV. 4. S. 428. von Arnim's elektr. Versuche ebend. V. S. 52. Nach v. Humboldt's Versuchen (S. 474) verhält sich die Menge des Oxyds von Zink, der auf Glas liegt, zu der des Oxyds von Zink, der auf Silber liegt, in 20 Stunden wie 1 : 3. Bei der geschlossenen Kette viel stärker, als bei der nicht geschlossenen. Wenn bei der nicht geschlossenen Kette das Zink und das Silber eine Wasserschicht zwischen sich einschliessen (SWZ), ohne daß sie beide einander berühren, so oxydirt sich das Zink nicht mehr, als wenn es allein mit Wasser in Berührung ist. Wenn aber das Wasser nur mit dem Zink in Berührung ist, und das Zink mit dem Silber (SZW), so erfolgt seine Oxydation auch ohne Schliessung der Kette in grösserer Quantität; und in noch viel grösserer bei Schliessung der Kette. J. C. L. Reinhold's Versuche

suche, um die eigentliche Grundkette der Volta'schen Säule auszumitteln in Gilbert's Ann. X. 3. S. 301.

§. 1098.

Ueberhaupt modificiren zwei heterogene Metalle in wechselseitiger Berührung mit Wasser den Oxydationsproceß, und zwar erhöhen sie ihn, wenn das oxydirbarere und vermindern ihn, wenn das minder oxydirbare den feuchten Leiter berührt. Sind beide Metalle, jedes auf seiner Seite, mit einem feuchten Leiter in Berührung, so zeigt sich beides, jedes an seinem Orte.

Reinhold a. a. O. S. 314.

§. 1099.

Volta hat gelehrt, aus einer Reihe einfacher galvanischer Ketten eine zusammengesetzte zu errichten, welche er selbst **Elektromotor**, und welche man ihm zu Ehren **Volta'sche Säule** oder **Batterie** (§. 991), sonst auch galvanische Batterie oder Kettenkette nennt. Sie besteht aus genau an einander liegenden **Schichtungen** oder **Lagen**, deren jede aus einer Silber- (oder Kupfer-) platte, einer Zinkplatte und einer Wasserschicht besteht.

Alexander Volta's Schreiben an Banks von der Elektricität, welche durch bloße Berührung leitender Körper verschiedener Art erregt wird, in den *philos. Transact. for* 1800. N. 17. p. 403. übersetzt in Trommsdorff's chem. Bibliothek des neunzehnten Jahrhunderts I. 2. S. 1. Beschreibung des neuen elektrischen oder galvanischen Apparats Alexander Volta's

ta's von Will. Nicholson in dess. *Journal of natural philosophy*. IV. p. 179. übers. in Gilbert's Annalen. VI. 3. S. 340. J. W. Ritter's Beschr. von Volta's galvanischer Batterie rc. in Voigt's Mag. für den neuesten Zustand der Naturkunde. II. 2. S. 356. Der Voltaismus von Wilhelm Pfaff. Stuttg. 1803. 8. Dess. Uebersicht über den Voltaismus. Ebend. 1804. 8.

Säule kann dieser Apparat zwar nur dann eigentlich heissen, wenn er die sogleich zuerst zu beschreibende Gestalt und Lage hat: indessen kann der Kürze halber dieser Name auch für anders gestaltete Apparate gelten, wenn sie die wesentliche Einrichtung der Säule haben.

Man befestige in einer hölzernen Unterlage, welche auf Glassäulen ruhend gut isolirt ist (§. 936), drei oder vier 18″ bis 24″ lange starke mit Siegellack überzogene Glasstäbe, alle senkrecht stehend und so weit von einander entfernt, daß Platten, so groß man sie anwenden will, zwischen ihnen Platz haben. Besser isolirt Harz (Gummilak) in eine vertiefte hölzerne Unterlage gegossen. Auf die Unterlage lege man eine trockne Glasplatte; auf diese eine blanke Silberplatte (oder Kupferplatte); auf diese eine blanke Zinkplatte; auf diese eine Scheibe dünne ungeleimte Pappe, (nicht so gut wollenes Tuch, Leder, Filz,) mit reinem Wasser getränkt; dann wieder eine Silberplatte, eine Zinkplatte, eine gewässerte Pappscheibe, u. s. w. immer in gleicher Ordnung, so daß die Lagen so:

|ZSW ZSW ZSW ZSW ZS

auf einander folgen, und wenn am Anfange der Säule eine Zinkplatte liegt, dann am Ende eine Silberplatte dieselbe schließt.

Es ist ganz gleichgültig, ob die Säule unten mit Zink oder mit Silber anfängt; nur muß die Folge der drei ZSW oder SZW durch die ganze Säule dieselbe seyn.

Statt der Scheiben von Pappe empfiehlt **Lüdicke** Holzscheiben in Salzwasser bis zum Untersinken gekocht. **Gilbert's** Annalen. IX. 1. S. 119.

Auf die Größe der **Berührungsfläche** der **Metallplatten** unter einander scheint nichts anzukommen, aber viel darauf, daß die **ganze** dem Wasser zugewandte Fläche jeder Metallplatte **befeuchtet** sey. Hingegen muß auch in einer vollkommenen Säule das **Wasser** nur **zwischen** je **zwei Plattenpaaren** liegen, aber zwischen den beiden Platten eines Paares kein Wasser seyn. Daher ist es nachtheilig, wenn die nassen Pappscheiben die haltenden Stäbe berühren, an denen dann das Wasser herabfließt ꝛc. und **Gilbert's** (Annalen. VII. 2. S. 183) Einrichtung vorzuziehen, bei welcher nur die untersten Platten zwischen denen sie beschränkenden 1″ langen Glasstäben, die übrigen aber frei zwischen drei 1″ weit vom Rande der Platten entfernt stehenden hölzernen Stäben liegen, und nur an einzelnen Stellen durch den Seitendruck von je drei Schrauben gehalten werden, welche durch die hölzernen Stäbe gehen. **Wolff's** Einrichtung (**Gilbert's** Annalen. VIII. 4. S. 502.). Am sichersten wird das Austreten des Wassers aus den Zwischenräumen, in denen es bleiben soll, verhütet, wenn man die Zinkplatten so gießt, daß sie einen erhabenen Rand erhalten, dann sie so legt, daß dieser aufwärts gerichtet ist, und die nasse Tuchscheibe in die Vertiefung legt (**Ritter** in **Gilbert's** Annalen. VII. 3. S. 374), und das Eintreten zwischen zwei Platten eines Paars durch Zusammenlöthen.

Damit

Damit bei einer grossen Zahl von Lagen nicht die unteren Pappscheiben zu stark gedrückt und das Wasser aus ihnen herausgepreßt werde, muß man die ganze Zahl in zwei oder mehrere kleine Säulen, von höchstens 60 Lagen theilen, und die einzelnen Theile durch Dräthe (von Gold, Silber oder Kupfer) so mit einander verbinden, daß die Ordnung des zweiten Theils die umgekehrte des ersten u. s. w. ist:

ZSWZSWZSW
WSZWSZWSZ
ZSWZSWZSW
SZWSZWSZ

mithin alle Theile als eine Säule zu betrachten sind, welche nur zwei Enden hat.

Die stehende Stellung der Säule ist nicht wesentlich; man kann die Platten auf zwei starke wagerecht liegende Glasstäbe senkrecht stellen, so daß die Säule liegend wird, muß aber dann durch eine Schraube die Platten und Pappscheiben gelinde zusammenpressen. **Parrot** in **Voigt's** Magazin für Naturkunde. IV. S. 76. Diese Stellung hat den Vortheil, daß bei dem Drucke das Wasser nicht so leicht in die Zwischenräume der einzelnen Plattenpaare dringt; auch den, daß alle Pappscheiben gleich stark gepreßt werden.

Das Wasser scheint stärker zu wirken, wenn es als bloßes Liquidum, ohne Pappe oder einen andern festen Träger, zwischen den Plattenpaaren liegt. **Cruikshanks Trogapparat.** Ein Trog aus im Backofen gedörrtem Holze gemacht, in dessen Wände an deren inneren Flächen Falzen eingeschnitten sind: in jeden dieser Falze wird ein zusammengelöthetes Plattenpaar gesteckt und mit

mit Harzkitt befestigt, so daß alle Plattenpaare mit einander und mit den schmalen Wänden des Trogs parallel stehend den Trog in Fächer theilen. In diese Fächer wird Wasser rc. gegossen. **Gilbert's** Annalen. VII. 1. S. 99. IX. 3. S. 353. Besser ist es, den Trog durchaus mit Glasplatten auszufüttern. **Gilbert** S. 102. **Grimm** ebend. VIII. 1. S. 135.

Diesem Trogapparate ist **Erdmann's Kapselapparat** ähnlich, in welchem je zwei Platten, eine Kupfer- und eine Zinkplatte, mittelst eines pappenen mit einer Auflösung von Mastix und Sandarac in Terpentinöl getränkten Rahmens zusammengeklebt sind, so daß sie zwischen sich einen schmalen Zwischenraum lassen. Diese werden dann in gehöriger Ordnung zusammengelegt. **Gilbert's** Annalen. XII. S. 458.

Hauff's Flaschenapparat. Tubulirte hohle Glaskugeln, von deren jeder an beiden Seiten ein Segment abgeschliffen, so daß sie an beiden Seiten offen ist. Diese Oeffnungen dienen zur Anlage der Metallplatten, der Tubulus zum Eingiessen des Wassers Ebend. XV. 1. S. 77. und Io. Car. Frid. Hauff *de nova methodo naturam phaenom. electricorum, quae a* Galvano *cognomen sortita sunt, investigandi.* Marb. 1803. 4.

Bremser's Apparat von zusammengelötheten Platten in einem zweifächrigen Kasten, so daß beide Pole an einem Ende desselben sind, zum med. Gebrauche, in **Gilbert's** Annalen. XII. 4. S. 454.

Volta's Becherkreis (*Corona di tazze*). Eine Reihe gläserner Becher, die mit Wasser (oder Salzlauge rc.) gefüllt sind. In jedem liegt eine Zink- und eine Silberplatte, etwa einen Quadratzoll groß, die einander nicht

nicht berühren. Jede Silberplatte hat einen Haken, mit welchem sie die Zinkplatte des nächsten Bechers berührt. Gilbert's Annalen. VI. 3. S. 345.

Oersted's Röhrenapparat. (Voigt's Mag. III. 2. S. 412.) Diesem ähnlich, aus V-förmigen Röhren bestehend, die im Winkel mit einem Bleiamalgama gefüllt sind ꝛc.

Mit der Zahl der Schichtungen nehmen alle Wirkungen der Säule zu. Aber es giebt hier doch bei bestimmten Dimensionen der Elemente einer Säule ein gewisses Maximum, das sich nicht überschreiten läßt, und dessen Bestimmung abhängt von dem Verhältnisse der durch den feuchten Leiter zwischen den Metallpaaren bewirkten Leitung zu der elektrischen Spannung, welche der Contact der Metalle bewirkt. Ritter's Versuche in Gilbert's Annalen. XIX. 1. 37.

Die Gestalt der Platten, rund, viereckig ꝛc. scheint gleichgültig zu seyn.

Die gewöhnliche Größe der Platten ist die eines Laubthalers. Durch die Anwendung breiterer Platten wird die elektroskopische Wirkung am Elektrometer fast gar nicht, die Erschütterung wenig, die Gaserzeugung mehr, die Erzeugung der Funken aber um vieles verstärkt. P. L. Simon's Versuche ..., angestellt mit einer Volta'schen Säule von 8zolligen Platten und 40 Schichtungen in Gilbert's Annalen. IX. 4. S. 393. Martin van Marum ebend. X. 2. S. 136. Humphry Davy's Versuche mit einem Trogapparate aus 13zolligen Platten in Gilbert's Annalen. XII. 3. S. 383. Ritter ebend. XIX. 1. S. 21.

Alle Wirkungen sind stärker, wenn man statt des bloßen Wassers eine wäßrige Auflösung von Kochsalz anwendet. Das beste Verhältniß des Salzes zum Wasser

scheint

scheint 1:8 bis 1:7 zu seyn. Salmiak wirkt noch beträchtlich stärker, aber die Wirkung ist in kurzer Zeit beendiget. Noch stärker wirkt bloße gewässerte Salzsäure; noch stärker gewässerte Salpetersäure; aber je stärker sie wirken, von desto kürzerer Dauer ist auch die Wirkung. Kohlensaures Kali und Natrum wirken nicht viel stärker als bloßes Wasser. Schwefelkali scheint gar nicht zu wirken. Ein Gemeng aus Kochsalz- und Salmiaklauge, Lakmus und Rindsgalle empfiehlt Ortel als vorzüglich wirksam. Voigt's Mag. IV. 4. S. 435.

§. 2000.

Wir nennen die Enden dieser Säule, in Vergleichung derselben mit einem Magnete, **Pole**, das Ende, nach welchem hin in jedem Plattenpaare das Zink liegt, den **Zinkpol**, + E**Pol** oder **Oxygenpol**, das Ende, nach welchem hin in jedem Plattenpaare das Silber liegt, den **Silberpol**, — E. **Pol** oder **Hydrogenpol**.

§. 2001.

Schon ein einziges Paar Zink und Silber (und überhaupt ein einziges Paar Erreger) (§. 1091) hat **elektrische** (§. 946) und in Rücksicht auf Oxydation auch **chemische** (§. 1020) Differenz. Es hat also in so fern schon jede einfache galvanische Kette gewissermaassen zwei **Pole**. Aber die Differenz (§. 890. 946. 1020) dieser Pole zeigt sich nun bei weitem stärker an den Enden oder **Endpolen** der Volta'schen Säule, in deren jedem die

Sum-

Summe der Wirkungen aller einzelnen nach ihm gerichteten Pole der einfachen Ketten zusammenkommt. Und so zeigen beide Endpole der Säule, die auch vorzugsweise **Pole** heissen, **entgegengesetzte Elektricitäten**, der Zinkpol + E, der Silberpol — E. Diese Polarität zeigt sich desto stärker, je mehr Plattenpaare die Säule enthält; und eben daher an den Endpólen jeder Säule am stärksten, je näher nach der Mitte zu, desto schwächer.

Erman über die elektroskopischen Phänomene der Volta'schen Säule in **Gilbert's** Annalen. VIII. 2. S. 197. über die elektroskopischen Phänomene des Gasapparats an derselben ebend. X. 1. S. 1. **J. W. Ritter** über den Galvanismus der Volta'schen Batterie ebend. VIII. 4. S. 386. **Jäger** über die elektroskopischen Aeusserungen der Volta'schen Ketten ebend. XIII. 4. S. 399.

Die anziehende Kraft der Säule nimmt mit der Zahl der Plattenpaare zu. Wenn ein Paar 1/60 Grad des Volta'schen Strohhalm-E. M. zeigt, so zeigen zwei Paare 2/60, drei Paare 3/60, durch den Condensator. **Volta's** oben §. 1099. angef. Abh. in **Pfaff's** und **Friedländers** franz. Annalen. §. 19. S. 26. **Marechaux** Vers. mit seinem Mikroelektrometer in **Gilbert's** Annalen. XIX. 4. S. 482.

Wenn die ganze Säule isolirt ist, so ist ihre Elektricität so schwach, daß sie kaum bei 30 Plattenpaaren für das empfindlichste Elektrometer merklich gemacht werden kann. Sie wird aber ansehnlich verstärkt, wenn der eine Pol mit einem Leiter von großer Capacität (einer großen Metallplatte) in Verbindung gesetzt wird, der mit dem andern Pole nicht in Verbindung steht. Ist der

der Silberpol in dieser leitenden Verbindung, so zeigt der freie Zinkpol mittelst des Condensators (§. 1006) + E; ist der Zinkpol in dieser leitenden Verbindung, so zeigt der freie Silberpol mittelst des Condensators — E (§. 1091). Die E. der Säule zeigt sich dabei unerschöpflich, so lange sie ihre erforderlichen Eigenschaften beibehält, weil sie sich in sich selber lädt.

Durch unvollkommene Schliessung der Kette, d. h. mittelst des Wassers oder eines andern feuchten Leiters wird die elektrische Spannung, durch eine Art von Kreiswirkung in der Säule selbst, erhöhet. Diese zu zeigen, darf sie nicht allein, sondern sie muß isolirt seyn; aber natürlich kann eben deswegen diese Wirkung dann nicht an einem Elektrometer, sondern nur irgendwo in der sich schliessenden oder geschlossenen, oder eben sich öffnenden Kette, durch Funken, Gaserzeugung aus Wasser, Nervenerregung ꝛc. sich zeigen. Wird bei dieser unvollkommenen Schliessung der eine Pol, wie vorhin, mit einem Leiter von großer Capacität in Verbindung gebracht, so zeigt dann der andere Pol am Elektrometer dennoch sein E, nur schwächer, und bei der Schliessung durch Dräthe, welche in das schliessende Wasser ragen, desto schwächer, je näher die Ende der Dräthe im Wasser bei einander sind. Vom Verhalten bei vollkommen d. h. durch einen metallenen Leiter geschlossenen Kette s. Jäger in Gilbert's Annalen. XIII. 4. S. 414.

Starke Säulen zeigen unmittelbar ihre E. durch Anziehen und Abstossen (§. 945). Bouvier's Versuche in van Mous *Journal de Phys. et Chim.* N. 10. p. 52. Georg Bernhard Behrens's Elektrometer für die elektrische Polarität der Volta'schen Säule. Gilbert's Annalen. XXIII. 1. S. 24. In einer gläsernen Hülle hängt an einem oben frei hinausragenden Drathe ein

ein Goldblättchen, genau in der Mitte zwischen zween hineinragenden blechernen Leitern, deren einer mit dem + E Pole, einer Säule, der andere mit dem — E Pole einer andern Säule in leitender Verbindung steht. Je nachdem man dem Drathe eine geriebene Glasstange oder eine geriebene Siegellackstange nähert, schlägt das Goldblättchen nach dem — E oder dem + E Leiter hin.

Lichtenbergische Figuren (§. 975). **Erman** bei **Bourguet** in **Gilbert's** Annalen. VII. 4. S. 495.

§. 2002.

Man kann an der Volta'schen Säule eine **Flasche** (§. 986) und so auch eine ganze Batterie (§. 991) **laden**, wenn man den Leiter vom Zinkpole an die innere, den vom Silberpole an die äussere Belegung bringt.

Cruikshank in **Gilbert's** Annalen. VII. 1. S. 195. von **Hellwich** bei **Bourguet** in **Gilbert's** Ann. VII. 4. S. 493. **van Marum's** Schreiben an **Volta** ebend. X. 2. S. 123. Wichtige Beobachtungen bei dieser Ladung, welche die Identität der beim Galvanismus wirkenden und der durch Reiben erregten Elektricität ausser Zweifel setzen, liefern **J. W. Ritter's** Versuche mit einer Volta'schen Zink-Kupfer-Batterie von 600 Lagen in **Gilbert's** Annalen. XIII. S. 1. und 265.

§. 2003.

Wenn ein spitziger **metallener Leiter**, der mit einem Pole der Säule in Berührung ist, den andern Pol berührend die Kette schließt, so entsteht ein **Funken**, der in Rücksicht auf seine Entste-

stehung mit dem verstärkten Funken der bloßen Elektricität (§. 989) verglichen werden kann, aber anders, wie sprühend, und in sehr kleiner Schlagweite erscheint.

Gilbert's Beob. über die Volta'sche Säule, besonders über ihre Funken in s. Annalen. VII. 2. S. 157.

Zum Funkengeben wird die Kette am besten mit einem blanken spitzigen Eisendrathe geschlossen, dessen freies Ende der äussersten Platte des freien Pols oder einem davon ausgehenden Zinkstabe genähert wird. Die Funken entstehen auch mitten auf der breiten Fläche der Endplatte. Auch **Kohlen** bewirken diese Funken, wenn man entweder eine zugespitzte an die Spitze des schliessenden Leiters steckt, oder eine auf die äusserste Platte des freien Poles legt. —

Einfache Funken durch Berührung **eines** Pols an starken Säulen.

Rothe Farbe der Stralen dieser Funken, (**welche** vom Verbrennen des Eisendraths abzuhängen scheinen,) **bläuliche** des Kerns, von dem sie ausgehen.

Wenn ein Eisendrath vom Zinkpole kommend im Quecksilber liegt, und dann einer vom Silberpole kommend, das Q. berührend, die Kette schließt, so entsteht ein bläulichgrüner Funken: bei dem umgekehrten Verfahren ein feuerrother. **Böckmann** in **Gilbert's** Annalen. VII. 2. S. 260.

Funken in der **Flamme**. **Ritter** ebend. XIII. 1. S. 25. Funken in **Wasser**, auch in Schwefelsäure, Salpetersäure bei starken großplattigen Säulen. **Davy** ebend. XII. 3. S. 355.

Vergleichung dieser Funken mit denen von bloßer Elektricität. **Ritter** ebend. XIII. 1. S. 20.

§. 2004.

§. 2004.

Diese Funken entzünden, wie die elektrischen (§. 997), Phosphor, Schwefel, Naphtha, Alkohol, Feuerschwamm, Baumwolle, Kohle, Ruß, Schießpulver, Knallluft (§. 1071), dünne Metallblättchen, Eisendrath; schmelzen, wie jene, selbst strengflüssige, Metalle.

Am leichtesten entzünden diese Funken sehr dünne Blättchen von unächtem Blattgolde (d. h. dünn geschlagnem Gemisch von Kupfer und Zink); auch dünnen frisch zugespitzten Eisendrath. Stärkere Säulen verbrennen dünnes Blattzinn, ächtes Blattsilber, Blattgold; schmelzen Platinadrath, schweissen zwei Eisendräthe zusammen. Die Entzündung erfolgt wenigstens leichter, wenn das Metallblättchen am Leiter vom Zinkpole hängt, und am Silberpole die Kette geschlossen wird.

Versuche mit sehr verstärkter galvanischer Elektricität beschr. von Bourguet in Gilbert's Annalen. VII. 4. S. 485. Hellwig's ꝛc. Versuche ebend. XI. 4. S. 396. Simon's Versuche mit 40 achtzölligen Plattenpaaren ebend. IX. 4. S. 393. Reinhold's mit 175 dreizölligen ebend. XI. 4. S. 376. Wirkung des mächtigen Trogapparats von 60 sechszölligen Plattenpaaren von Pepys in London ebend. XV. 2. S. 237. 4. S. 466. Thomas Bunzen's Versuche an einer Säule von 1050 Plattenpaaren ebend. XV. 3. S. 340. Trommsdorff's Vers. in s. Journal der Pharmacie. IX. 2. S. 155.

Auch Quecksilber wird auf der Oberfläche oxydirt, wenn man den Leiter von einem Pole hineinlegt, und dann dasselbe mit dem Leiter vom andern Pole berührt, oder auch nur denselben ihm hinlänglich nahe bringt.

Ist

Ist der leztere, die Kette schliessende Leiter, der Silberleiter, so erhält die oxydirte Stelle die Gestalt eines Sternchens; ist es der Zinkleiter, so erhält sie eine kreisrunde Gestalt. Vielleicht ist auch das, was im leztern Falle entsteht, nicht Oxyd, sondern das entgegengesezte. **Ritter** in **Gilbert's** Annalen. IX. 3. S. 347. **Reinhold** eb. XI. 4. S. 383. Merkwürdige Bewegungen des Quecksilbers. **Volta** ebend. VIII. S. 296. **Ritter** in **Voigt's** Mag. IV. 5. S. 637.

An stark wirkenden Säulen wird ein Drath, wenn man die Kette mit ihm schließt, durchaus heiß; Eisendrath wird in sehr stark wirkenden sogar auf eine Strecke rothglühend. **Davy** in **Gilbert's** Annalen. XII. 3. S. 355. Die Hitze geht, wie das Gefühl lehrt, vom Oxygenpole aus. **Reinhold** ebend. XI. 4. S. 384. Man sehe hier §. 998.

Die Entzündung erfolgt leichter und die Verbrennung heftiger in **Lebensluft** (§. 1048.)

Die Stärke der Funken in Größe und Intensität des Lichts, und entzündender Kraft nimmt bei gleicher Oberfläche der Platten im Verhältnisse der Zahl der Plattenpaare, hingegen bei gleicher Zahl der Plattenpaare in weit größerem Verhältnisse, als in dem der Oberfläche zu. **Wilkinson** in **Gilbert's** Annalen. XIX. 1. S. 45. Vergl. **Cuthbertson** ebend. XXIII. 3. S. 263

§. 2005.

Berührt man die beiden Pole der Säule mit nassen (in Salzlauge getauchten) Händen, mit einem Finger einer Hand den einen, dann, indem jene Berührung beharret, mit einem Finger der andern

andern Hand den anderen Pol, so erhält man, indem man die Kette schließt, eine Erschütterung, welche mit der von einer geladenen el. Flasche (§. 996) Aehnlichkeit, aber doch etwas eigenes hat. Bei starken Säulen erhält man abermals eine, indem man die Kette wieder eröffnet.

Man kann auch beide von den Polen ausgehenden Leiter (§. 2003) jeden in ein besonderes mit Salzlauge gefülltes Gefäß leiten, und dann die Kette so schliessen, daß man erst einen Finger der einen Hand in das eine Gefäß, dann einen Finger der andern in das andere taucht. Stärker erhält man sie, wenn man in jeder vollen Hand eine Metallplatte hält, die einen Stiel hat, und mit den Stielen die Pole berührt.

Man empfindet den Schlag stärker, wenn man sich isolirt.

Der Schlag kann, wie bei einer geladenen Flasche (§. 996), durch mehrere Personen geleitet werden, die mit nassen Händen einander anfassen.

§. 2006.

Man leite von dem Silberpole oder — E Pole der Säule einen Drath, gleichviel von Golde, Kupfer, Eisen, oder anderem Metalle, isolirt in reines Wasser, das in einem isolirten Behälter liegt und denselben ganz anfüllet. Man leite von dem Zinkpole oder + E Pole der Säule einen Drath von Golde oder von Platina in dasselbe Wasser. So entbindet sich aus dem Wasser an der Spitze des — E Leiters Gas hydrogene; an der Spitze des

des + E Leiters Gas oxygene. Ist der Drath des Zinkpols von Silber oder von einem unedlen Metalle, so entsteht kein Gas oxygene, sondern der Drath wird oxydirt.

Die erste Entdeckung dieser höchst merkwürdigen Erscheinung machten Anton Carlisle und William Nicholson (Gilbert's Annalen. VI. 3. S. 348.). Die genauere Bestimmung erhielt sie durch J. W. Ritter (Voigt's Mag. II. 2. S. 374.)

Die Erzeugung des Gashydrogene erfolgt auch, wenn die Leiter sich in zugespitzte Kohlen endigen. Daß an der Kohle, welche den Oxygenleiter endigt, kohlensaures Gas entbunden werde, ist noch nicht hinreichend erwiesen. Davy in Gilbert's Ann. VII. 1. S. 3.

Am einfachsten steckt man beide Dräthe durch Korkstöpsel, welche eine mit Wasser gefüllte Glasröhre verschließen; dann kommen beide Gasarten zusammen, und machen Knallluft (§. 1071) aus.

Um jede Gasart besonders zu haben, stelle oder hänge man zwei kleine gläserne Recipienten in eine kleine mit destillirtem Wasser gefüllte Wanne (von überfirnißtem Holz), und leite an den beiden schmaleren Seiten derselben die Leiter durch kleine Oeffnungen hinein, so daß sie durch Glasröhren gehen. Meine Wanne (Gilbert's Annalen. XXI. 2. S. 257.) hat im Boden eine tiefe der Länge nach laufende Rinne, in welcher die unteren Enden der Z-förmig gebogenen Dräthe liegen, zu beiden Seiten der Rinne Absätze, auf denen die Recipienten ruhen. Gilbert's Vorschrift des Verfahrens, um das Volumen, auch das absolute Gewicht der Gasarten genau zu finden, in s. Annalen. VII. 2. S. 243. P. L. Simon's Apparat in Gilbert's Annalen. VIII. 1. S. 25.

Die Erzeugung beider Gasarten erfolgt auch dann, wenn der untere Theil einer V-förmigen Glasröhre mit entwässerter Schwefelsäure, dann die übrigen Räume der Schenkel behutsam mit Wasser gefüllt und in jeden Schenkel ein Leiter von einem Pole geführt werden. Ritter in Voigt's Mag. II. 2. S. 384. Sie erfolgt auch dann, wenn das Wasser, in welches der Leiter vom Zinkpole geht, und das Wasser, in welches der vom Silberpole geht, von einander abgesondert sind, durch eine hölzerne überfirnißte oder gläserne Scheidewand, so daß nur da, wo die beiden Enden der Dräthe gegen einander ragen, eine Oeffnung ist, welche ein nasser Korkstöpsel verschließt. Pfaff in Gilbert's Annalen. VII. 3. S. 363. Sie erfolgt in zwei getrennten Röhren, die nur durch frische Fleischfaser, welche von einem Wasser zum andern geht, verbunden sind. P. L. Simon's Apparat. Gilbert's Annalen. VIII. 1. S. 22. Auch, wenn die Verbindung durch einen Menschen geschieht, der einen Finger der einen Hand in das eine, einen Finger der andern Hand in das andere Gefäß taucht. Humphry Davy in Gilbert's Annalen. VIII. 1. S. 125. Wenn ein Streifen Fleischfasern von einem Pole in eine mit Wasser gefüllte Röhre, ein anderer Streifen in eine andere mit Wasser gefüllte Röhre ragt, und beide Wasser durch einen gekrümmten Drath verbunden werden, so giebt das Ende des Golddraths, welches dem Silberpol zugewandt ist, Gas oxygene (oder wird oxydirt), das Ende, welches dem Zinkpole zugewandt ist, Gas hydrogene. Davy a. a. O. S. 119. Wenn eine V-förmige Röhre unten Quecksilber, über demselben in jedem Schenkel Wasser enthält, so wird die Oberfläche des Q., welche dem Leiter vom Silberpole zugewandt ist, oxydirt, wäh-

 rend

ren dieser Leiter Gas hydrogene entbindet; die dem Leiter vom Zinkpole zugewandte Fläche bleibt rein metallisch und erzeugt Gas hydrogene, während dieser Leiter Oxygene erzeugt. **Gerboin** in **Gilbert's** Annalen. XI. 3. S. 340.

Wie die Gasarten erzeugt werden, drängen sie, wenn die Recipienten unten offen sind, oder auch, wenn eine beide Gasarten auffangende Röhre an ihren beiden Enden mit Korkstöpseln verschlossen ist, so viel Wasser heraus, als ihnen selbst im Volumen gleich ist. Ist die Röhre an beiden Enden um die Leiter zugeschmolzen, so erfolgt nur anfangs Gasentbindung; sobald das gesammelte Gas einen gewissen Grad von Zusammendrükkung erhalten hat, so hört die Gaserzeugung gänzlich auf, wenn gleich die Säule noch volle Wirksamkeit hat. **Simon** in **Gilbert's** Annalen. X. 3. S. 297.

Bei sorgfältig destillirtem und dann noch einige Stunden lang gekochtem Wasser findet man das **Verhältniß** des Gas oxygene zum Gas hydrogene dem Volumen nach = 4 : 10, also nahe 168 : 428, und dem Gewichte (§. 383) nach 85 : 15, wie bei jenem Processe (§. 1072).

Die Summe des **Gewichts** der beiden erzeugten Gasarten ist dem Gewichte des bei diesem Processe als liquides Wasser verschwindenden **Wassers** gleich. Dieses ist am genauesten durch **P. L. Simon's** Versuche (**Gilbert's** Annalen. X. 3. S. 282.) erwiesen, welcher dazu einen eigenen Apparat erfunden hat, in welchem das Gemeng beider Gasarten aus der Wasserröhre durch eine enge S-Röhre, dann durch eine andere weitere Röhre streicht, welche unten mit Quecksilber, oben mit trocknem salzsaurem Kalke gefüllt ist, der dasjenige Wasser anzieht, welches nicht verwandelt, sondern nur in dem Gas aufgelöset ist (§. 1063). Und das Gemeng

meng beider Gasarten, so wie es entstanden ist, wenn sie beide in einer Röhre gesammelt werden, verschwindet als Gas ganz, ohne Rückstand, wenn es über Quecksilber eingesperrt durch den elektrischen Funken entzündet wird.

Eis, als Nichtleiter (§. 937) taugt zur Schliessung der Kette nicht, und es ist keine Wirkung der Säule auf dasselbe zu bemerken, wenn die Leiter von den Polen in dasselbe geführt werden; auch dann nicht, wenn eine Röhre halb mit Eis, halb mit liquidem Wasser gefüllt ist, und der eine Leiter im Eise, der andere im liquiden Wasser steckt. Auch zergeht das Eis an dem einen Pole nicht eher als an dem anderen. **Erman** in Gilbert's Annalen. XI. 2. S. 166.

§. 2007.

Wenn statt reinen Wassers **andere wäßrige Flüssigkeiten**, so wie §. 2006, die Kette schliessen, so entsteht ein chemischer Proceß, bei jeder nach ihrer besondern Beschaffenheit, welcher jener Verwandlung des Wassers ganz analog ist. Hingegen in fetten und ätherischen Oelen erfolgt weder Gasentwicklung noch Oxydation.

Cruikshank über einige chemische Wirkungen der galvanischen Elektricität in Gilbert's Annalen VI. 3. S. 360. **Henry** ebend. S. 369. **C. W. Böckmann's** Versuche rc. ebend. VIII. 2. S. 152. **Simon's** ebend. VIII. 1. S. 33. **von Arnim's** ebend. VIII. 2. S. 183. **Davy's** eb. XII. 3. S. 157. **Brugnatelli's** eb. XVI. 1. S. 94. **Hisinger's** und **Berzelius** (besonders in Rücksicht auf die Verschiedenheit des Metalls der Dräthe) in Gehlen's n. Journal der Chemie. I. 2. S. 115.

In einer Auflösung salzsaurer Neutralsälze entsteht am + Eleiter oxydirte Salzsäure, am — Eleiter aus Salmiak Ammonium, aus Kochsalz Natrum. Lakmuspapier wird daher am + Eleiter geröthet, am — Eleiter wieder blau; Curcumapier am — Eleiter braun, am + Eleiter gelb. Aus der Auflösung salzsaurer Kalkerde, Talkerde, rc. werden die Erden am — Epole gefället. Wäßriges (sehr concentrirtes) Ammonium giebt Gas hydrogene und Stickgas, Kalkwasser giebt Gas hydrogene und etwa halb so viel oxygene mit etwas Stickgas. Entwässerte Schwefelsäure giebt, da sie doch etwas Wasser hat, beide jene Gasarten, aber nach Verhältniß mehr Gas oxygene und läßt dagegen eine weißlichte Wolke (Schwefel) fallen. Salpetersäure wird gelb, und giebt Gas hydrogene und Stickgas (530 : 151). Verwandlung der Salpetersäure in Ammonium (C. F. Bucholz in Gilbert's Annalen, IX. 4. S. 448).

Wenn der Behälter mit einer wäßrigen Säure gefüllt, und an das Ende des Leiters von Oxygenpole ein Stück Metall gelegt wird, welches in der Säure auflöslich ist, so wird dasselbe viel stärker angegriffen und aufgelöset, als ohne die galvanische Kette geschehen würde. Hingegen wird das Metall am Leiter des Hydrogenpols in metallischer Beschaffenheit wieder gefället. Dann entbindet sich am — Eleiter kein Gas hydrogene. Dies geschieht beides auch mit Kupfer, Kobalt, Arsenik, im Ammonium. Schon in bloßem Wasser bemerkt man, daß das am + Eleiter entstehende Oxyd nach dem — Eleiter hingezogen und dort verändert, dunkelfarbiger werde. Dendritische Krystalle von schwarzem Silberoxyd am Hydrogendrathe, wenn zwei Silberdräthe in den die Kette schliessenden Wasserbehälter

ter geleitet werden. Das am Oxygendrathe entstehende gelbliche Silberoxyd wird vom Hydrogendrathe angezogen und daselbst geschwärzt (der Herstellung nahe gebracht). **Gruner** in **Gilbert's** Ann. VIII. 2. S. 216. Vielleicht wird das Oxyd am vom Silberpol kommenden Leiter auch mit **Hydrogene** begabt. **Brugnatelli** in **Gilbert's** Annalen. XXIII. 2. S. 196. 204.

Wenn in dem Behälter, in welchen die beiden Leiter von den beiden Polen gehen (§. 2006), statt reinen Wassers **Lakmustinctur** enthalten ist, so wird diese, so weit der Leiter des Oxygenpols reicht, roth, wie von einer Säure. **Curcumatinctur** wird braun am Leiter des Hydrogenpols. In wiefern die Berührung von bloßem Zink, von Zink und Gold, durch Farbenveränderung in vegetab. Pigmenten Säure oder Kali andeute, davon s. **Jäger's** Vers. in **Gilbert's** Annalen XI. 3. S. 288. und ihre Erklärung S. 316.

Thierische Stoffe statt des Wassers zur Schließung der Kette angewandt, so daß jene Leiter auf die angegebene Weise hineinragen, erleiden Veränderungen, welche der Erzeugung von Hydrogene und Oxygene aus ihrem Wasser ganz gemäß sind. Frisches **Blut** wird am Oxygenleiter röther und gerinnt, am Hydrogenleiter wird es fast schwarz und bleibt flüssig. Bei **Brugnatelli's** Versuchen (*Iournal de Phys. et de Chim.* par van Mons IV. N. 10. p. 114) gerann **Milch** am Oxygenleiter, wurde säuerlich und bei Golddrath roth, der Hydrogenleiter wurde mit Milchzucker bedeckt. Aus **Ochsengalle** gerann am Oxygenleiter der Eiweißstoff ꝛc. Nach **Parrot's** Versuchen verwandelt ein Streifen **Muskelfleisch**, wenn er getrennte Röhren (§. 2006) verbindet, in dem Hydrogenwasser sich in Gallerte, in dem Oxygenwasser in Fett. **Gilbert's** Annalen. XII.

1. S.

1. S. 61. S. auch Daubencourt's und Zanetti's Vers. in Gehlen's neuem Journal der Chemie I. 4. S. 357.

§. 2008.

Wird vielleicht auch in ganz reinem Wasser am + E Pole eine Säure, am — E Pole ein Kali erzeugt?

Wenn zwei mit Wasser gefüllte Röhren an ihren untern Mündungen durch Muskelfleisch verbunden sind, und in die obere Mündung der einen ein Golddrath vom Zinkpole, in die obere Mündung der andern ein Golddrath vom Silberpole geleitet wird, so entsteht in der zum Zinkpol gehörenden Röhre oxydirte Salzsäure oder vielleicht ein Gemisch aus gemeiner Salzsäure und Salpetersäure, löset Gold auf, und wird gelb, in der zum Silberpol gehörenden Ammonium. **Simon** in **Gilberts** Ann. VIII. 1. **Hisinger** und **Berzelius** in **Scherer's** Journal der Chemie. IX. S. 256.

Francesco Pacchiani's Entdeckung, daß aus reinem Wasser Salzsäure und Natrum gebildet werden (**Gilbert's** Annalen. XXI. 1. S. 108. XXII. 2. S. 211), bestätigt durch Mitglieder der galvanischen Societät in Paris (Ebend. XXIV. 4. S. 391. XXV. 1. S. 99. 2. S. 232. G. in **Gehlen's** neuem Journal der Chemie. V. 6. S. 711); der Mitwirkung auf vorher genannte Weise angebrachten Muskelfleisches, Blase, rc. zugeschrieben (**Erman** in **Gilbert's** Annalen. XXII. 2. S. 220); soll doch ohne alle Mitwirkung thierischer oder vegetabilischer Stoffe erfolgen, wenn nur beide Golddräthe in zwei getrennte Röhren geleitet, und diese durch einen Golddrath verbunden sind. **Brugnatelli** in **Gilbert's** Annalen. XXIII. 2. S. 182. Zwei-

fel

fel wegen der so schwierig zu erhaltenden Reinheit des Wassers. Sehr sorgfältig durch Destillation gereinigtes Wasser (§. 1082) giebt in der galvanischen Kette weder Säure noch Natrum. Ritter's Vers. in Voigt's Mag. IV. 5. S. 618. Bucholz Vers. in Gilbert's Annalen. IX. 4. S. 453. Gruner's ebend. XXIV. 1. S. 85. welcher hingegen aus thierischer Gallert und arabischem Gummi im Wasser aufgelöset Salzsäure und Natrum erhielt.

Mehrmals fand ich, wenn die Gasbehälter getrennt waren, das Wasser im Hydrogenbehälter schaumig, wie wenn es zäher geworden wäre (§. 777. 768), das im Oxygenbehälter nicht. Am Brunnenwasser viel stärker, als am destillirten.

Parrot's Beobachtungen von Entstehung blauer Farbe am Hydrogenwasser, als es zum Oxyd im Oxygenwasser gegossen wurde rc. Gilbert's Ann. XII. 1. S. 60.

§. 2009.

Eine ähnliche Wirkung erfolgt, wenn die beiden von den Polen der Säule kommenden Leiter statt in Wasser rc. in die **Flamme** (einer Wachs- oder Talgkerze) ragen, so daß sie einander nicht berühren. Es entstehen dann am Ende des — E Leiters feine niedliche **Rußdendriten**, welche wieder verschwinden, sobald der Leiter vom + Pole aus der Flamme entfernt wird.

Sie können um einen ganzen Zoll von einander abstehen, einer im obern, der andere im untern Theile der Flamme. Am Zinkleiter entstehen sie seltener und sind anders beschaffen rc. Ritter in Gilbert's Annalen. IX.

3. S.

3. S. 337. Genaue Bestimmung der Verschiedenheiten dabei s. bei Böckmann ebend. XI. 2. S. 231.

§. 2010.

Die genauere Untersuchung der Volta'schen Säule, insbesondere der an ihr verstärkten Polarität (§. 2001), hat gelehrt, daß in Rücksicht auf das Vermögen, die Wirkungen des Galvanismus zu leiten, die Stoffe zu unterscheiden seyn in

1) Nichtleiter. Beide Pole zeigen ihre Differenz, wenn gleich ein Nichtleiter beide verbindet. Glas, Harz, Oele ꝛc. (§. 932). Auch die Flamme des Schwefels.

2) Leiter (§. 931). Bei Anlegung des Leiters von Pol zu Pol kann er sich zeigen als

a) vollkommener Leiter. Jede Wirkung eines einzelnen Pols verschwindet, wenn ein solcher die Kette schließt. Metalle. Kohle.

b) Unvollkommener Leiter. Die specifischen Wirkungen der einzelnen Pole sind während der Anlegung noch wahrnehmbar, obwohl schwächer.

α) Bipolar. Die specifischen Wirkungen beider Pole sind am Leiter selbst zugleich wahrnehmbar. Er theilt sich in zwei Zonen, deren eine die + E, die andere die — E Wirkung zeigt. Die Kette ist unvollkommen geschlossen. Wasser. Im Wasser aufgelösete Neutralsalze.

β) Unipolar. Die specifischen Wirkungen nur eines einzigen Pols sind am Leiter wahrnehmbar; er leitet nur die Wirkung dieses Pols und isolirt die Wirkung des andern.

α)

a) + Unipolar. Weingeistflamme, und jede Flamme von Kohlenstoff- und Wasserstoff-haltigen Körpern, so auch vom Schwefelfaden.

b) — Unipolar. Phosphorflamme. Trockner Eiweißstoff. Trockne Seife.

Wir verdanken diese wichtige Bestimmung und Unterscheidung den trefflichen Untersuchungen Erman's (über die fünffache Verschiedenheit der Körper in Rücksicht auf galvanisches Leitungsvermögen in Gilbert's Annalen XXII. 1. S. 14.).

§. 2011.

Die Leitung des Galvanismus durch vollkommene Leiter und durch unvollkommene Bipolarleiter erfolgt eben, wie die der bloßen Elektricität, durch Leiter von großer Länge: ohne Zweifel auf eben die Weise, wie bei dieser (§. 989. 990).

F. H. Basse's galvanische Versuche in Gilbert's Annalen. XIV. 1. S. 26. Dräthe, jeder 4000 Fuß lang, gaben einander genähert an ihren Enden Funken, und Gaserzeugung im Wasser. Ja sie wirkten durch eine zwischen ihnen befindliche 500 Fuß lange Strecke Wasser. S. auch Erman über die Entladung der Volta'schen Säule durch eine Strecke eines Stroms ebend. XIV. 4. S. 385.

§. 2012.

Nicht nur in dem Wasser, welches die Kette einer Volta'schen Säule dadurch schließt, daß die Leiter von ihren beiden Polen in ihm zusammenkommen, sondern auch in demjenigen Wasser, welches zwischen jedem Plattenpaare und dem nächsten liegt, erfolgt

erfolgt Oxydation des Zinks und zugleich Erzeugung von Gas hydrogene, während die Kette geschlossen ist.

Am deutlichsten nimmt man dieses am Becher- und Trog-Apparate (§. 1099) wahr; aber auch bei eigentlichen Säulen offenbart sich das Gas, durch das leise Knistern, und den Schaum an den Rändern der Wasserschichten; das Oxyd erscheint am Rande der Zinkplatten; das leztere findet man dann auch, indem man die Säule aus einander nimmt. Vergl. **Erman** in **Gilbert's** Annalen. XI. 1. S. 99. **Davy** ebend. VIII. 3. S. 300.

So erstreckt sich auch die Gaserzeugung und Oxydation metallener Leiter durch eine Reihe von sechs und mehreren Röhren oder Schaalen, welche durch diese Leiter verbunden sind, so daß alle Leiter an dem nach dem — E Pole hin gerichteten Ende Gas oxygene geben, oder oxydirt werden, an dem zum + E Pole hin gerichteten Gas hydrogene geben. Aber in den näher an den Polen liegenden erfolgt die Wirkung stärker als in den mittleren. **Böckmann** ebend. VII. 2. S. 44. **Huth** ebend. IX. 1. S. 43.

§. 2013.

Offenbar ist bei allen diesen Wirkungen von Volta's Säule die **Elektricität**, durch wechselseitige Berührung der Metalle erregt, das **erste Wirkende** (*primum* Agens) (§. 1091).

Volta's zweite Abh. über die galvanische Elektricität übers. in den oben (§. 1091) angef. franz. Annalen. III. S. 3. und in **Gilbert's** Ann. XII. Ergänzungsheft. S. 520.

Daher kann eine elektrische Säule, welche an ihren beiden Polen entgegengesetzte E E hat, wohl aus bloßen heterogenen

genen Metallplatten und einem ganz trocknen Körper gebauet werden. **Georg Bernh. Behrends** (Versuche in Gilbert's Annalen. XXIII. 1. S. 5.) Säulen aus Zink, Kupfer und warmen Feuerstein, oder aus Z. K. und Goldpapier, welche die elektroskopischen Wirkungen, wie Volta's Säule, und wenn das Goldpapier mit Salzwasser getränkt und wieder getrocknet war, eben so stark, als Säulen aus eben so viel Plattenpaaren und Wasser, leisteten. **Marechaux** Säulen mit trocknen Pappscheiben ebend. XXIII. 2. S. 224. **Dykhoffs** Säulen mit **Luftschichten** statt des Wassers. **Voigt's** Mag. IV. 6. S. 792.

§. 2014.

Allein zur galvanischen Wirkung der Volta'schen Säule ist **Wasser** unentbehrlich. Wie das Wasser zwischen den Plattenpaaren verdunstet, wird die Wirkung schwächer, und wenn die Säule trocken wird, so hört die Wirkung gänzlich auf.

Starke Wirkung derselben erfordert, daß die Platten auf den Wasserseiten ganz benetzt, also bei Papp- oder Tuchscheiben, daß diese recht mit Wasser getränkt sind, und daß die Platten genau an die nassen Tuchscheiben angedrückt werden.

Was man von **Hatchett's** und **Desormes's** trocknen Volta'schen Säulen gesagt hat, bei denen Amylum, Leder, Wachstuch, Pappe, 2c. statt des Wassers zwischen die Metallpaare gelegt worden (**Intell. Blatt der A. L. Z.** 1802. N: 168.), hebt sich auf, indem solche Körper hygroskopisch (§. 1064) und daher nicht ganz trocken sind, dann die mit ihnen errichteten Säulen nur äusserst schwach wirken. **Ritter** ebend. N. 193.

Erman

Erman in Gilbert's Annalen XXV. 1. S. 7. Nachrichten von Marechaux Säulen mit trockner Pappe in Gilbert's Annalen. XXII. 3. S. 313. 318. Behrend's Säulen (§. 2013) zeigten keine chemische Wirkung, (Oxydation, Gaserzeugung), auch keine Sensation.

Hingegen schwächt es auch die Wirkung, wenn nur wenig Wasser in die Zwischenräume der einzelnen Plattenpaare kommt, und eine Säule, abwechselnd aus Zink, Wasser, Silber, Wasser, Zink, u. s. w. erbaut, ist ganz ohne Wirksamkeit.

§. 2015.

Daß auch die Temperatur Einfluß auf die Wirksamkeit einer Säule habe, läßt sich leicht erwarten. Bei übrigens gleichen Umständen ist die Wirksamkeit beträchtlich stärker, wenn die Platten und das Wasser, die Salzlauge, auf 35°, 40° R. erwärmt sind, als wenn sie kalt (8°, 10° R.) sind.

Wenn heisse Salmiakauflösung bei vielschichtigen Säulen weniger wirksam scheint, als kalte, (van Marum in Voigt's Magazin, III. S. 751.), so rührt dies bloß daher, daß die stärkere Wirksamkeit jener schon während des Aufbauens nachläßt. Ritter ebend. IV. 5. S. 599.

§. 2016.

Da die Säule an beiden Enden entgegengesetzte Elektricitäten zeigt, so kann nicht Mittheilung der E. (§. 951) von einem Ende bis zum andern Statt finden; es muß bloß Vertheilung (§. 952) seyn, welche die einzelnen heterogenen Metalle in jedem Plattenpaare bewirken, und welche dann das Wasser von einem zum andern vermehrt.

J. C.

J. C. Reinbold's Untersuchungen über die Natur der Volta'schen Säule in Gilbert's Ann. X. 4. S. 450. XII. 1. S. 34. Biot's Bericht über Volta's galvan. Versuche ebend. X. 4. S. 390

Die elektrische Spannung, welche in zweien einander berührenden heterogenen Erregern (Zink und Silber) Statt findet, kann durch bloße Zusammensetzung mehrerer Paare nicht verstärkt werden. Die wechselseitigen Einwirkungen heben sich durch die ganze Reihe einander auf, so daß nur die eines einzigen Paares als Rest bleibt. Aber man lege zwischen zwei Metallpaare Wasser:

Silber Zink Wasser Silber Zink
1 2 3 4

so wird vermöge des + E vom Zink 2 und des — E vom Silber 3 durch eine neue, aber der besondern Natur des Wassers angemessene, Vertheilung das Wasser gleichsam in zwei Zonen von + E und — E getheilt, und die Metallpaare 1 und 2, 3 und 4 wirken dadurch wechselseitig so auf einander, daß die elektrische Spannung im Silber 1 und im Zink 4 doppelt so groß, (das — E im Silber 1, und das + E im Zink 4 doppelt so stark) wird, als wenn nur ein einziges Metallpaar da wäre. Eben so wird, wenn an den Zink 4 noch eine Wasserschicht, und dann noch ein Metallpaar Silber 5, Zink 6, gesetzt wird, die elektrische Spannung dreimal so stark werden rc. So nimmt von der Mitte aus das + E der Zinkplatten nach dem Zinkpole, und das — E der Silberplatten von einer Schichtung zur andern zu, daß beide E an den Endpolen am stärksten sind und ihre Stärke daselbst, bei gleichen Dimensionen, mit der Zahl der Plattenpaare im Verhältnisse steht.

Nur

Nur ist die Art und Weise, wie die Vertheilung vermöge des Wassers verdoppelt, verdreifacht rc. wird, noch nicht mit Gewißheit zu bestimmen. Eine sehr scharfsinnige Hypothese darüber ist Erman's Versuch einer physischen Theorie der Volta'schen Säule in Gilbert's Annalen. XI. 1. S. 89.

§. 2016.b.

Die ganze Säule ist auf diese Weise gewissermaassen anzusehen, als ein **elektrischer Magnet** (§. 902), in welchem zwar durchaus der Gegensatz des +E und —E herrscht, aber dennoch jedes von der Mitte aus nach dem einem Pole hin sich immer mehr verstärkt. Die Wirkungen der Pole, nach denen jene Namen (§. 2000) sich richten müssen, werden, da die Wirkung von der Elektricität durch Berührung der Erreger ausgeht (§. 2013), durch die Lage des Z und S in jedem Plattenpaare je zwei unmittelbar an einander liegender Platten bestimmt. Je eine Schichtung

ZSW

oder in umgekehrter Lage

SZW

ist eine einfache Kette der ganzen Kettenkette oder Säule (sogenanntes **Element** der Säule); von der Lage des Z und S in diesem Elemente hängt es ab, ob der + E Pol und — E Pol jedes Elements dahin oder dorthin liegen. Eben dadurch aber wird, wenn alle Glieder die gleiche Lage haben, die Polarität der **ganzen** Kettenkette bestimmt. Der Silber=

berpol oder — E Pol liegt dahin, wohin in jedem Elemente das S liegt, der Zinkpol oder + E Pol dahin, wohin in jedem Elemente das Z liegt.

Liegen einige Schichtungen gegen die andern in umgekehrter Lage, so schwächt dieses die Polarität, welche die Kettenkette im Ganzen hat, im Verhältniß der Zahl verkehrter Schlichtungen. Liegen die Glieder abwechselnd ZSW, SZW, ZSW, SZW, u. s. w. so heben die Wirkungen einander auf und die Säule hat dann gar keine Polarität. Eben so ist auch die Säule ohne Polarität, wenn man abwechselnd eine Zinkplatte, eine Wasserschicht, eine Silberplatte, eine Wasserschicht (ZWSWZWSWZWS) legt.

Uebrigens ist es an beiden Polen gleichgültig, ob eine Silber- oder Zinkplatte die lezte am Pole sey. Liegen in einer Säule SZWSZWSZ welche den Silberpol linker Hand hat, am S der lezten Schichtung linker Hand noch eine oder mehrere Platten, gleichviel von Zink oder Silber, so wirken diese bloß als Leiter. Eben so beim Zinkpole.

Auch ist es gleichgültig, welcher Pol bei stehenden Säulen oben oder unten, welcher bei liegenden rechts oder links ist.

Zweifel, ob nicht SWZ oder ZWS das Element der Säule sey, und also die Namen der Pole umgekehrt werden müßten? **C. W. Böckmann** in **Gilbert's** Annalen. VIII. 2. S. 139. **von Arnim** ebend. VIII. 3. S. 164. IX. 4. S. 494. Die Bestimmung des Element's im §. 2016.b. ist izt durch **Ritter's** umständliche Untersuchungen (ebend. IX. 2. S. 212.) und **J. C. L. Reinbold**, (Versuche um die eigentliche Grundkette der Volta'schen Säule auszumitteln ebend. X. 3. S. 301.

S. 301. 355.) hinlänglich erwiesen. Vergl. Volta's eignes Urtheil in Gilbert's Annalen XV. 1. S. 89. und die Grundzüge von Volta's elektrischer Theorie der Erscheinungen seiner Säule dargestellt von C. H. Pfaff in Gilbert's Annalen X. 2. S. 236. Gilbert's Bemerkungen dazu eb. S. 239.

Daß wir aber hier mit der Theorie der Volta'schen Säule noch nicht ganz im Reinen sind, zeigen J. S. C. Schweigger's Versuche mit einem Elektromotor eigner Art ebend. XXII. 4. S. 407., welcher in einem in Zellen abgetheilten und mit Glasplatten ausgelegten Kasten jede Zinkplatte auf beiden Seiten mittelst eines Draths mit Kupferplatten in in Berührung setzte, so daß KZKWKZKWKZK die Folge war und dennoch an den Polen Gaserzeugung und Erschütternng erhielt. Die Folge ZKZWZKZWZKZ zeigte sich wieder anders. Nachtrag ebend. XXIII. 1. S. 114.

§. 2017.

Während eine Volta'sche Säule steht, werden die Zinkplatten auf der Seite, die mit dem Wasser in Berührung steht, allmälig oxydirt (§. 1097), bei geschlossener Kette mehr als bei ungeschlossener. Dabei nimmt die Wirkung ab und hört, auch, wenn noch Wasser da ist, endlich auf. Hingegen ist die Wirkung desto stärker, je reiner metallisch die Metallstücke sind. Auch die Kupferplatten werden auf der Seite, auf welcher sie mit dem Wasser in Berührung sind, obwohl schwächer (nur zum blauen Kupferoxyd, welches weniger Oxygene hat, als das grüne) oxydirt, als die Zinkplatten.

So

So geschieht dieses auch merklich genug bei Platten von kupferhaltigem Silber, selbst bei Laubthalern, die doch über 14löthig sind. Bei ganz reinem Silber ist die Oxydation sehr schwach, nur so viel betragend, daß es den Glanz etwas verliert.

Daher ist zu starker Wirkung durchaus nöthig, die Platten durch Abfeilen von dem angesetzten Oxyde völlig zu reinigen.

Allizeau's Apparat mit porcelanenen Ringen zur Abhaltung der Luft: die Ringe mit Salz gefüllt und schwach benetzt. Gilbert's Annalen. XVIII. 1. S. 109.

§. 2018.

Die Säule verzehrt vermöge dieser Oxydation, mittelst des Wassers, Oxygene aus der umgebenden Luft. Man beobachtet dieses bei in Recipienten eingesperrten Säulen an der **Verminderung** der Luft (§. 1047). Daher wirkt auch eine Säule in reinem Gas oxygene viel stärker, so wie dabei in gleicher Zeit mehr Luft verzehrt wird; im Stickgas und in **verdünnter** Luft, (wenn die Schichtungen reines durch Auskochen von Luft befreites Wasser enthalten,) gar nicht, oder (wenn die Schichtungen gemeines Wasser, Salzlauge, enthalten,) doch viel schwächer.

Biot über die Bewegung des galvanischen Fluidum's in Gilbert's Annalen. X. 1. S. 31. Ders. und Cuvier über das Verschlucken des Sauerstoffes durch die Volta'sche Säule ebend. X. 2. S. 161. Vergl. Haldane ebend. VII. 2. S. 193. 212. Davy ebend.

 VIII.

VIII. 1. S. 6. van Marum ebend. X. 2. S. 153. 155. Böckmann ebend. XI. 2. S. 239.

§. 2019.

Diese Erscheinungen und die Unentbehrlichkeit des Wassers zum Galvanismus (§. 1092) haben einige Physiker bewogen, nicht sowohl die Elektricität, wie den Oxydationsproceß, in der Kette als das *primum* Agens anzusehen. Der unbefangene Wahrheitsforscher muß ihre Untersuchungen und Schlüsse würdigen und benutzen, ohne sich durch Volta's Ansehen blenden zu lassen.

Humphry Davy über die Oxydirung des Zinks als Ursach der Wirksamkeit rc. in Gilbert's Annalen. VIII. 1. S. 1. Johann Ant. Heidmann's Resultate rc. ebend. X. 1. S. 51. Wollaston über die chemische Erzeugung der Elektricität ebend. XI. 1. S. 104. Parrot's Theorie ebend. XII. 1. S. 49. durch eine Reihe sorgfältiger Versuche noch mehr begründet. XXI. 2. S. 192.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen Biot's Untersuchungen über den Einfluß der Oxydation auf die Wirkungen von Volta's Säule in Gilbert's Annalen. XV. 1. S. 90. XVIII. 2. S. 129. welche beweisen, daß die von den chem. Wirkungen der Säule vermuthlich entstehende E. unvergleichbar sey mit der, welche durch den Contact der Metalle hervorgebracht wird. Hingegen eben so sehr die ganz eigene von Volta's Theorie beträchtlich abweichende Ansicht von Arnim's (Bem. über Volta's Säule ebend. VIII. 2. S. 163. Unters. über die Leiter. ebend. 3. S. 270. auch XI. 1. S. 136.) indem er zwar nicht die Oxydation selbst, aber ein

ein anderes dadurch abgeändertes Verhältniß in den Erregern und Leitern für den Grund der Erscheinungen hält. Alle Leiter zweiter Classe oder feuchte Leiter sind um desto schlechtere Leiter, je mehr sie Anziehung zum Oxygene haben: Oel, Weingeist, Naphthen leiten schlechter, Wasser besser. Hingegen alle Leiter erster Classe oder trockne Leiter sind um desto bessere Leiter, je mehr sie Anziehung zum Oxygene haben. Zink leitet am besten, dann folgen Manganesium, Magnet, Eisen, Blei, Zinn, Messing, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold 2c.

Ueber einige Schwierigkeiten in Volta's Theorie ebend. XXIII.

§. 2020.

Alle diese Wirkungen der Volta'schen Säule erfolgen auch, wenn man statt des Zinkes oder statt des Silbers oder statt beider ein anderes Metall oder statt des Silbers Kohle 2c. anwendet. Von je zweien, die in der obigen Reihe §. 1090 genannt sind, dient dann das dort erstgenannte statt des Zinks und giebt den + E Pol, das leztgenannte statt des Silbers und giebt den — E Pol.

Man vergleiche §. 2039. und die davon etwas abweichende Reihe nach Heidmann's Versuchen in Gilbert's Ann. XXI. 1. S. 85. Versuche mit Volta's Säule zeigen übrigens auf die leichteste und augenscheinliche Weise, in welchem Elektricitätsverhältniß je zwei und zwei Metalle zu einander stehen, wenn man zu den Leitern für die Gaserzeugung (§. 2006) Kupferdräthe oder überhaupt Dräthe von unedlem Metall anwendet. Dasjenige Metall in der Säule hat + E, welches nach

dem Pole hin liegt, dessen Drath oxydirt wird, und dasjenige hat —E, welches nach dem Pole hin liegt, dessen Drath Gas giebt. Je weiter in jener Reihe (§. 1090) zwei Metalle rc. von einander entfernt sind, desto stärker wirken sie in Volta's Säule; die daselbst in einer Abtheilung zusammen stehenden wirken nur schwach. **Zink** übertrifft (im +E) jedes andere der bekannten Metalle, auch das **Eisen**, bei weitem. **Kupfer** wirkt (im —E) beinahe so stark als Silber. **Wismuth** statt Silber bewirkte stärkere Empfindungen, aber schwächere Funken, und blieb in den chemischen Wirkungen noch weiter zurück. **Gilbert** in s. Annalen. VII. 2. S. 171. **Gold und Zink** wirken nicht stärker (**Bourguet** ebend. VII. 4. S. 487.), nicht einmal so stark (**Böckmann** ebend. XI. 2. S. 230.), als Silber und Zink. **Silber und Gold** geben zusammen keine merkliche Wirkung; hingegen mit dem **Zinke** giebt sogar das eben so oxydirbare **Eisen** kräftige Säulen. S. **Haldane's** vielfache Combinationen eb. VII. 2. S. 202. **Einhof's** Versuche mit verschied. Metallen und Säuren ebend. VIII. 3. S. 316. Statt des Silbers ist auch **Plumbago** sehr wirksam (**Marechaux** ebend. X. S. 378. XI. S. 126.): Scheiben aus Holzkohlenstaub mit Stärkmehl und Wasser zu Teig gemacht, getrocknet und ausgeglüht wirken weit stärker (**von Hellwig** rc. in **Scherers** Journal VII. S. 617.) als bloße Holzkohle. **Davy** fand die ausgeglühete **Holzkohle** im Becherapparat mit Zink und einer Auflösung von rothem Eisenvitriol so kräftig als jede Metallverbindung. Nicholson's *Journal of nat. phil.* IV. p. 402. Auch Metallgemische zeigen sich wirksam. Preussische Thaler (12 löthiges Silber) wirken nicht beträchtlich schwächer, als reines Silber. Messing statt Kupfer, und

und ein Gemisch von Zink und Zinn statt Zink bei Marechaux (Gilbert's Ann. XIV. 1. S. 140).

§. 2021.

Neuere Versuche haben gelehrt, daß Wirkungen, denen der Volta'schen Säule ähnlich, obwohl schwächer, sich auch dadurch hervorbringen lassen, daß man zwei heterogene wäßrige Körper (feuchte Leiter) mit einem Metalle in ähnliche Verbindung bringt, so daß die feuchten Leiter hier die Erreger sind (§. 1094. 95).

Galvanische Batterien aus einem Metalle und verschiedenartigen Flüssigkeiten von Humphry Davy in Gilbert's Annalen. XI. 4. S. 388. Schon früher Ritter in Gilbert's Annalen VII. 4. S. 439. Eine vorzüglich wirksame Combination ist die von Schwefelkali, im Wasser aufgelöset, das schon mit Schwefelwasserstoff geschwängert ist, wäßriger Schwefelsäure, und einem Metalle, das zum Schwefelwasserstoff Anziehung hat. Am besten dient der Becherapparat (§. 1099), indem man die Zellen oder Becher wechselsweise mit jenen Liquoren füllet, den ersten und zweiten Becher durch einen Tuchlappen, den zweiten und dritten durch einen Metallbogen, den dritten und vierten wieder durch einen Tuchlappen verbindet u. s. w. Nach Davy a. a. O. S. 394 geben Schwefelkali, Salpetersäure und Kohle eine vorzüglich wirksame Combination. Heidmann's Stufenfolge der Leiter eb. XXI. 1. S. 102.

§. 2022.

Nach Ritter's Entdeckung wirken einzelne Magnete (§. 886), mit Wasser abwechselnd gelegt, wie

wie Paare verschiedener Metalle und so gelingt es, die von den Polen der einzelnen Magnete zusammen gelieferten Elektricitäten am Elektrometer darzustellen.

Aus seinen Versuchen ergiebt sich, daß am magnetischen Eisen der Südpol der positive und der Nordpol die negative, am magnetischen Stahle hingegen der Nordpol die positive und der Südpol die negative E. giebt; daher am magnetischen Eisen der Südpol oxydirbarer sey ꝛc. Intell. Blatt der Allg. Lit. Zeit. 1806. 5. Febr.

§. 2023.

Eben dieser Forscher hat entdeckt, daß eine Volta'sche Säule einer anderen Zusammensetzung aus abwechselnden Lagen nur eines Metalls und reinen Wassers, mit welchen Pappscheiben getränkt sind, eine Ladung mittheile, wenn diese in die Kette jener gebracht wird, so daß die beiden Leiter von den Polen der Volta'schen Säule an die Pole jener Säule gebracht werden. Er nennt daher eine solche Säule eine **Ladungssäule**. Nachdem sie eine Zeitlang in der Kette der Volta'schen Säule gestanden, giebt sie nach aufgehobener Verbindung mit der Volta'schen Säule eben die Erscheinungen, obwohl schwach und kurzdauernd, als die Volta'sche Säule selbst.

Ritter in Voigt's Magazin für das Neueste. ꝛc. VI. 3. 181. Volta's Erklärung dieser Wirkung in Gilbert's Annalen. XIX. 4. S. 490.

§. 2024.

§. 2024.

Bei einer fortgesetzten Beobachtung Volta'scher Säulen entdeckt man leicht, daß die Wirksamkeit einer und derselben Säule nicht allein nach und nach abnehme, wie die Metalle oxydirt werden, das Wasser verdunstet, — sondern ausserdem ein abwechselndes Ab- und Zunehmen derselben in kleineren und größeren Perioden.

Er fand die Totalaction einer Säule in der Morgenhälfte des Tags (von 12 Uhr Mitternachts bis 12 Uhr Mittags) beständig größer, als in der Abendhälfte (von 12 Uhr Mittags bis 12 Uhr Mitternachts), die größte Action zwischen 2 und 4 Uhr ꝛc. Gehlen's n. Journal der Chemie. V. 4. S. 416. Vergl. Humboldt's Beob. über die Periodicität des Magnetismus (§. 917).

§. 2025.

Der Galvanismus im engern Sinne (§. 1088) oder die Reizung thierischer Organe durch den Galvanismus kann in der allgemeinen Naturlehre nur berührt werden, indem eine ordentliche Betrachtung desselben in die besondere Physik des Organismus gehört.

Aloysii Galvani *de viribus electricitatis in motu musculari commentarius* in *Comm. Bonon.* VII. Recus. cum Jo. Aldini *dissertatione et notis.* Accesserunt *epistolae ad animalis electricitatis theoriam pertinentes.* Bonon. 1792. 4. Aloysi (i) Galvani Abhandlung über die Kräfte der thierischen Elektricität auf die Bewegung der Muskeln, nebst einigen

gen Schriften der Herren Valli, Carminati und Volta über diesen Gegenstand übers. von Johann Mayer. Prag 1793. 8. Eusebius Valli Briefe über die th. Electricität in Gren's Journal der Physik. VI. S. 382. 392. Mehrere andere Schriften von Volta, Humboldt, Gren, Reil, Creve, von Humboldt, Michaelis, ebend. VI. VII. VIII. Alexander Volta's Schriften über die thierische Electricität aus dem Ital. übers. von Joh. Mayer. Prag 1703. 8. Dess. neue Abh. über die thier. E. in Gren's neuem Journal der Phys. II. S. 141. auch besonders übers. von Joh. Mayer. Prag 1796. 8. Schr. an Gren in dess. neuem Journal der Phys. III. 4. S. 479. Jo. Aldini *de animali electricitate diss. duae.* Bonon. 1794. 4. E. J. Schmuck's Beitr. zur nähern Kenntniß der thier. E. Mannheim 1792. 8. Carl Caspar Creve's Beitr. zu Galvani's Versuchen. rc. Frankf. 1793. 8. Christoph. Henr. Pfaff *diss. de electricitate animali.* Stuttg. 1793. übers. in Gren's Journal VIII. S. 196. C. H. Pfaff über thier. E. und Reizbarkeit. Gött. 1794. 8. Friedrich Alexander von Humboldt's Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser nebst Vermuthungen über den chemischen Proceß des Lebens. I. II. Posen und Berlin 1797. 8. Jo. Christoph. Leopold Reinhold *de Galvanismo.* Spec. I. Lips. 1797. 4. II. ibid. 1798. 4. F. L. Augustin vom Galvanismus und dessen med. Anwendung. Berlin 1801. 8. C. J. C. Grapengiesser Versuche den G. zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden. Berlin 1801. 8.

§. 2026.

Wenn ein lebender Nerv oder ein mit Nerven begabtes lebendes Organ von Zink und Silber

der berührt werden, so daß beide Metalle auch einander berühren, so erfolgt eine Reizung, die der Beschaffenheit des Organes gemäß ist. Das Schema der Kette ist hier, wenn der Nerve N heißt, SZN oder allgemein pPN (§. 1093. 1096).

Gewisse Wirkungen dieser Reizung, Empfindung, Zuckung, rc. erfolgen wenigstens am stärksten, indem die Kette geschlossen oder geöffnet wird; andere Wirkungen (auf die Säftebereitung rc.) dauren während der Berührung fort.

Ein thierisches Organ mit Zink, Silber oder anderen zur Erregung des Galvanismus tauglichen Körpern in Berührung bringen, heißt hier dasselbe bewaffnen: so sagt man, auch wenn die Kette nicht geschlossen ist. Am bequemsten werden die meisten Versuche, diese Reizung zu zeigen, so angestellt, daß man den Nerven auf eine Zinkplatte legt, und einen halbkreisförmig gebogenen an den Enden stumpfen und glatten Drath (leitender Bogen) mit einem Ende an die Zinkplatte, dann zur Schliessung der Kette mit dem andern Ende an den Nerven, oder dessen Muskel rc. bringt. Achard's Bogen mit einer breitgedrückten Kugel an einem Ende, um dem Muskel eine grössere Berührungsfläche darzubieten.

§. 2027.

Diese Reizung offenbart sich durch **Empfindungen**, welche nach der Verschiedenheit der Nerven von verschiedener Art sind.

Alle mit Nerven begabte von ihren natürlichen Decken entblößte Organe schmerzen, wie sie von Zink und Silber rc. berührt werden, die einander berühren. Vorzüglich stark schmerzen entzündete Stellen; Stellen des Felles,

Felles, welche durch Blasenpflaster entblößt sind. An Volta's Säule ist es dazu genug, nur einen Pol mit der Wunde zu berühren und am andern die Kette mit einem nassen Finger zuschliessen.

Auf der Zunge entsteht ein saurer Geschmack, wenn eine Zinkplatte auf die obere Fläche derselben, eine Silberplatte an die untere gelegt wird, indem beide Metallplatten einander berühren. Die erste Bemerkung in Sulzer's Theorie der angenehmen und unangenehmen Empfindungen in der Samml. verm. Schr. zur Beförderung der schön. Wiss. und der freien Künste. 5. Band. 1. St. Zu diesem Experimente dienen am besten Platten mit 2'' bis 3'' langen Stielen, damit man die Kette bequem schliessen kann, indem man die Stielenden zusammen bringt.

Auf das Organ des Geruchs als solches scheint der Galvanismus nicht zu wirken.

Im Ohre entsteht Empfindung, wie von einem Schalle, nach Abänderungen der Umstände auf verschiedene Weise: an einer starken Volta'schen Säule mit unangenehmer Heftigkeit.

Im Auge entsteht eine (bloß subjective) Lichterscheinung, wie von einem Blitze, wenn der eine der beiden Erreger die äussere Fläche des einen Augapfels, der andere die äussere Fläche des anderen, oder die Zunge ꝛc. berührt. Ja diese Empfindung entsteht schon, wenn man nur jene beiden Platten zwischen die Wangen und das Zahnfleisch, an jede Seite eine, schiebt und dann die beiden Stiele zusammen bringt. Diese Erscheinung beobachtete zuerst Georg Hunter. S. Richard Fowler's Abh. von der thier. Elektricität. Ueb. Leipzig. 1796. 8. S. 119. An Volta's Säule (von 100 Lagen) ist sie

sie nicht viel stärker, entsteht aber schon, wenn nur irgend ein Theil des Antlitzes einen Pol, die nasse Hand den andern berührt.

§. 2028.

Bei Nerven, welche zu Muskeln oder anderen Fleischfasern gehen, auch durch **Bewegungen.**

Wenn ein entblößter Nerve auf die Zinkplatte gelegt, und der leitende silberne Bogen mit einem Ende an das Zink, mit dem andern an den Nerven gebracht wird, so zuckt der Muskel des Nerven, indem die Kette geschlossen wird.

Eben dieses erfolgt, wenn **Nerv und Muskel** beide in die Kette aufgenommen werden, so daß das Zink den Nerven, das Silber den Muskel berührt. Das Schema dieser Kette ist p P N M.

§. 2029.

Alle diese Wirkungen erfolgen auch, wenn zwei andere **verschiedene Metalle**, oder ein **Metall und Kohle**, auf die gleiche Weise wirken.

Je weiter die Metalle rc. in jener Reihe (§. 1090) von einander abstehen, desto stärker wirken sie (im allgemeinen) auch hier. Allein hier reichen schon viel kleinere Verschiedenheiten hin, als für jene Wirkungen in der leblosen Natur (§. 2001—2007).

Auch Zinn statt des Zinkes wirkt mit Silber oder Golde sehr stark. Man bedient sich daher oft des dünnen Blattzinns (Stanniols), ganze Thiere oder abgeschnittene Glieder darauf zu legen, es unter die Nerven zu stecken rc.

Statt

Statt des Silbers Plumbago nach Blumenbach's Entdeckung. Voigt's Mag. IV. 5. S. 579. Vermöge des Kohlenstoffs auch der lydische Stein nach Humboldt's Entdeckung (über die lebendige Muskelfaser als anthrakoskopische Substanz in Crell's chem. Annalen. II. S. 3.).

Statt der Metalle überhaupt auch geschwefelte Erze, welche das Metall als Metalle enthalten.

§. 2030.

Es ist dabei nicht nöthig, daß beide Metalle den Nerven **unmittelbar** berühren. Die Wirkung erfolgt auch dann, wenn ein **feuchter Leiter** (nasser Schwamm, todtes frisches Fleisch,) zwischen jedem Metalle und dem Organe liegt (P W N M W p) oder wenn ein feuchter Leiter zwischen beiden Metallen liegt (P N M p W).

Humboldt über die gereizte Faser. I. S. 68. 70. Die Wirksamkeit der Kette PNMpW leugnet Pfaff (Gren's Journal. VIII. S. 211.).

§. 2031.

Einerlei Metalle an zwei Stellen eines Nerven (PPN) oder an Nerv und Muskel (PNMP) gelegt, und mit einander verbunden, wirken keine merkliche Reizung, (wenigstens nicht im gewöhnlichen Grade der an abgeschnittenen Gliedern geminderten Erregbarkeit, obwohl dieselbe zu der Reizung von verschiedenen Metallen noch hinlänglich groß ist.) Auch nicht, wenn beide Metallstücke von einer-

nerlei Metalle durch ein Metallstück von einem andern Metalle verbunden sind.

So, wenn Zink 1 am Nerven, Zink 2 am Muskel liegt, und beide Zinkstücke durch ein Goldstück verbunden sind. Aber es erfolgt sogleich Zuckung, wenn das verbindende Goldstück auf einer Fläche mit einer wäßrigen Flüssigkeit belegt ist. Humboldt's Hauchversuch in Crell's chem. Annalen. 1795. II. S. 5.

§. 2032.

Aus verschiedenen **Metallen** rc. und **feuchten Leitern** können auf mannigfaltige Weise wirksame galvanische Ketten zusammengesetzt werden. Aber die allgemeine Bedingung der Wirksamkeit einer solchen Kette ist, daß sie **nicht symmetrisch** sey, sich durch keine sie in zweien Puncten durchschneidende Linie in zwei ähnliche Hälften theilen lasse.

Ritter's Beweis rc. §. 11.

Symmetrische unwirksame Kette an einem Froschschenkel, so daß dessen Nerve an zweien Stellen mit Zinkstücken bewaffnet ist, an jedem Zinkstücke ein Stück Silber (SZNZS), an zweien, so daß je an einem Nerven ein Zinkstück, an jedem Muskel ein Silberstück liegt, die einander berühren (SMNZZNMS) rc. Verwandlung dieser Ketten in unsymmetrische wirksame (SZNSZ und SMNZSNMZ).

§. 2033.

Die Reizung erfolgt nicht, wann die galvanische Kette durch einen **Nichtleiter** unterbrochen ist (§. 1093).

Zu

Zu diesen Nichtleitern gehören auch die Metalloxyde, ausgenommen merkwürdiger Weise das **schwarze Manganesoxyd** (§. 1090). S. **Humboldt** a. a. O. I. S. 124.

§. 2034.

Nicht nur Organe, die noch ihre völlige Reizbarkeit haben, sondern auch solche, deren **Reizbarkeit** schon sehr **gemindert** ist, sind noch für den Reiz des Galvanismus empfänglich. Abgeschnittene Glieder, Froschschenkel, Fischschwänze rc. die schon Viertheilstunden lang wie ganz abgestorben zu seyn scheinen, auf keinen mechanischen Reiz Bewegung zeigen, gerathen, in die galvanische Kette versetzt, in merkliche Zuckung, und beweisen dadurch die Mächtigkeit dessen, welches im Galvanismus wirkt.

Giulio's Versuche an Enthaupteten. Gilbert's Annalen XI. 2. S. 223. In vom Schlage gerührten, ertrunkenen, Menschen, sah ich mehrmals entblößte Muskeln bei der Wirkung des Galvanismus noch heftig zucken, als schon alle Zeichen des Todes da waren, wenn mechanische Reize nichts mehr wirkten.

§. 2035.

Schon eine **einfache** galvanische Kette reicht bei entblößten Nerven oder bei empfindlicheren und nur mit feinem natürlich feuchtem Oberhäutchen bedeckten Organen zur merklichen Wirkung hin. Aber eine Volta'sche Säule oder jede ähnliche **Zusammensetzung** galvanischer Ketten wirkt freilich stärker, setzt beide Arme eines starken Menschen in Erschüt-

schütterung (§. 2005) wenn er nur mit nassen Händen die Kette schließt, und bewirkt noch Zuckungen in scheintodten Thieren (abgeschnittenen Froschschenkeln), in denen die einfache Kette kein Zeichen des Lebens entdeckt.

Noch nach sechsthalb Stunden an einem Frosche, der an der einfachen Kette schon nach einer halben Stunde kein Zeichen des Lebens mehr gab. Ritter in Voigt's Mag. II. 2. S. 365. Kleine Thiere, Raupen, ꝛc. kann man durch Funken an Volta's Säule tödten. Buntzen tödtete einen Frosch an einer Säule von 1050 Lagen. Gilbert's Annalen XV. 3. S. 350.

§. 2036.

Welche ist die Ursache dieser auffallenden Erscheinungen? An einen mechanischen Reiz ist hier gar nicht zu denken.

Diese Reizungen erfolgen noch bei so geschwächter Reizbarkeit, daß mechanische Reize nichts mehr wirken; jedes der einzelnen angewandten Metalle wirkt durch Berührung eines Nerven an einer Stelle die Reizung nicht; durch stumpfe Enden, glatte Oberflächen der Metalle, sanftes Anlegen derselben an die Organe, Zwischenlegen eines feuchten Leiters zwischen Metall und Nerven, Metall und Muskel, kann man jeden Verdacht mechanischer Reizung entfernen; und man kann endlich die Reizung auch so bewirken, daß man, nachdem schon Nerv und Muskel mit Zink 1 und Silber 1 in Berührung sind, an das Zink 1 einen feuchten Leiter, und daran Silber 2, an das Silber 1 einen feuchten Leiter, und daran Zink 2 legt, dann die Kette so, daß

Nerv

Nerv und Muskel auch nicht die leiseste mechanische Einwirkung erleiden, mit Zink 2 und Silber 2 schließt.

§. 2037.

Da es hinlänglich erwiesen ist, daß bei wechselseitiger Berührung verschiedener Metalle rc. Elektricität durch Vertheilung entstehe (§. 1091), so daß der eine Erreger +E, der andere — E erhält, und daß Wasser, mit diesen Erregern in die Kette tretend, in zwei Zonen getheilt werde (§. 2006. 1092); da kein lebendes Organ ohne Wasser ist, und insbesondere Nerven und Muskeln viel Wasser enthalten; da die mächtige Wirkung der durch Reiben bewirkten Elektricität auf den thierischen Organismus längst bekannt ist; so ist wohl nichts natürlicher, als den Grund der galvanischen Erscheinungen (§. 2027. 28.) in der Elektricität, namentlich in einer elektrischen Differenz (Aufhebung des elektrischen Gleichgewichts) zu suchen, welche nothwendig in den thierischen Organen entstehen muß, wenn sie mit verschiedenen Metallen rc. in eine galvanische Kette (§. 1093) treten (§. 949).

Im allgemeinen erfolgt in der Wirkung des Galvanismus auf die thierischen Organe die stärkere Reizung, indem die Kette geschlossen wird, eine schwächere, indem sie wieder geöffnet wird. Wahrscheinlich tritt im Moment der Schliessung die Vertheilung (§. 2016), von welcher die Aufhebung der elektrischen Indifferenz abhängt, auch in den Organen ein; im Moment der Eröffnung wird diese Vertheilung wieder aufgehoben. Beides hat nothwendig innere dynamische Bewegungen, und

und dadurch in den Nerven Empfindungen, in den Muskeln äussere Bewegungen zur Folge.

Aus dieser Erklärung wird auch die Unwirksamkeit symmetrischer Ketten leicht begreiflich, in denen zwei gleiche elektrische Wirkungen einander aufheben müssen (§. 2032).

Humboldt's Versuche (über die gereizte Faser. S. 43) ohne Schliessung der Kette.

§. 2038.

Zwar wirken auch bloße feuchte Leiter im Zustande hoher Reizbarkeit. Allein es ist nachgewiesen, daß auch diese, wenn sie eine gewisse Verschiedenheit haben, einen Galvanismus begründen (§. 2021).

§. 2039.

Daraus erklärt sich dann ganz natürlich der Gegensatz in den Wirkungen auf die Organe, je nachdem sie an dem Erreger, der + E erhält (Zink ꝛc.), oder dem, welcher — E erhält, (Silber), und so an Volta's Säule an dem Zinkpole oder an dem Silberpole, die Kette schliessen.

Der — E Pol setzt am lebenden Körper überall Zusammenziehung, der + E Pol Ausdehnung. Ritter's Beiträge zur Kenntniß des Galvanismus. II. 2. S. 30. Beim Schliessen der Kette mit den Händen wird der Puls auf der Silberseite kleiner und härter, auf der Zinkseite größer und weicher. Ders. in Voigt's Mag. VI. 2. S. 104.

Auf der Zunge entsteht ein saurer Geschmack, und Gefühl von Kälte, wenn man bei jenem Versuche (§ 2027)

das Zink auf die Zunge, das Silber unter die Zunge legt; ein ganz anderer bitterer (kalischer?) etwas brennender bei umgekehrter Lage der Metalle. Humboldt über die gereizte Faser. I. S. 318. Volta's Säule giebt den sauren Geschmack, wenn man den Zinkpol mit der Zunge, den Silberpol mit einem nassen Finger berührt. rc.

Wenn an Volta's Säule die Kette so geschlossen wird, daß das Auge den einen, ein nasser Finger den andern Pol berührt, so entsteht im Auge am Zinkpole ein blaues helleres Licht mit verminderter, am Silberpole ein rothes düsteres Licht mit erhöhter Sehkraft. Reinhold in Gilbert's Annalen. XI. 4. S. 377. Bei der Eröffnung der Kette erscheint im Auge am Zinkpole ein röthliches, am Silberpol ein bläuliches Licht. Ritter über den Gegensatz in den Erregungen der thierischen Organe von beiden Polen. Ebend. VII. 4. S. 458. Umkehrung der Erscheinungen bei starken Säulen. Ritter ebend. XIX. 1. S. 7.

Die Schliessungsschläge an der Volta'schen Säule sind stärker, wenn man an der Silberseite schließt; die Eröffnungsschläge hingegen sind stärker, wenn man an der Zinkseite schließt. Ritter in Gilbert's Annalen. VII. 4. S. 454.

Man bewaffne einen Nerven am Schenkel eines Frosches mit Zink, den gleichen Nerven des anderen Schenkels mit Silber, schliesse die Kette, und eröffne sie wieder; so erfolgt die Schliessungszuckung allein oder doch vorzüglich in dem mit Zink bewaffneten, die Eröffnungszuckung allein oder doch vorzüglich in dem mit Silber bewaffneten Schenkel. Ritter in Gilbert's Annalen. XVI. 3. S. 295. Da das Zink + E, das Silber mit ihm — E erhält, so hat Ritter sich dieses Versuchs bedient, die Folge der Erreger zu bestimmen, indem er

jedes

jedes Metall mit einem andern auf die gleiche Weise anwandte. Nach diesen Versuchen folgen sie so: Zink. — — Blei. Zinn. Eisen. Wismuth. Kobalt. Arsenik. Kupfer. Spießglanz. Platina. Gold. Quecksilber. Silber. — Kohle. Bleiglanz, Zinngraupen, Kupfernickel. — Schwefelkies, Kupferkies, Arsenikkies. — Plumbago. Krystallisirtes Manganesoxyd. Vergl. oben §. 1090. und Heidmann's Bestimmungen ebend. XXI. 1.

§. 2040.

Das Mittel, in welchem die Organe und die Erreger sich befinden, scheint weniger Einfluß auf diese Wirkungen zu haben, als man erwarten sollte. Sie erfolgen in allen Mitteln, welche die E. leiten, dann in der gemeinen Luft und sehr verschiedenen Luftarten.

Humboldt's Versuche in Gas oxygene, hydrogene, Stickgas, kohlensaurem Gas, salpeterhalbsaurem Gas ꝛc. Wasser, Weingeist, Blut, Salzsäure, Quecksilber, ꝛc. Ueber die gereizte Faser. I. S. 247. Doch war auch diese Wirkung in verdünnter Luft schwächer, in verdichteter stärker. Aldini *de electricitate animali.* Bonon. 1794. p. 4.

§. 2041.

Die thierischen Organe erscheinen also hier als sehr empfindliche Elektrometer (§. 982).

Pfaff in Gren's Journal. VIII. 2. S. 269. Volta in Gren's neuem Journal. II. 2. S. 144.

§. 2042.

Aber mehrere Erscheinungen reden dafür, daß **Nerv** und **Muskel** im Thiere, da sie Aehnlichkeit in der Mischung, und doch zugleich eine gewisse Verschiedenheit derselben haben, in eben einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, wie Silber und Zink (§. 1090) rc. oder wie Schwefelkali und Schwefelsäure (§. 2021), und auf diese Weise mit Hülfe des immer in ihnen enthaltenen Wassers (MNW) selbst eine galvanische Kette bilden.

Joh. Wilhelm Ritter's Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebensproceß im Thierreiche begleite. Weimar 1798. 4.

Man bringe in der Anordnung der Kette das Zink mittelst eines feuchten Leiters an den **Nerven**, das Silber mittelst eines feuchten Leiters an den Muskel, und schliesse die Kette, indem man die äussern Enden beider Metalle leise zusammenbringt; es wird eine **starke** Zuckung erfolgen, und nachher bei **Eröffnung** der Kette eine schwache, oder bei schwacher Erregbarkeit **keine**. Man lege hingegen eben so das Silber an den **Nerven** und das **Zink** an den **Muskel**, so wird bei Schliessung der Kette eine schwache (oder keine) Zukkung erfolgen und bei der **Eröffnung** eine starke.

Die Stärke der Zuckungen nimmt mit der Größe der berührenden Metallfläche am Muskel, nicht mit der am Nerven zu. Pfaff über thier. E. S. 51.

Muskeln, welche nur noch wenig Erregbarkeit haben, und nicht mehr zucken, wenn man erst das den Nerven bewaffnete Zink, dann den Muskel berührt, zucken oft noch, wenn man erst den **Muskel**, dann das Zink berührt.

Nach

Nach dieser Ansicht muß man jene Kette PWNMWp als eine aus zwei Lagen, NMWpPW, betrachten, in deren einer N statt p und M statt P dient; und jene PNMpW als MpWPNW, da im Nerven und Muskel selbst Wasser ist (§. 2030).

Wenn dieses ist, so wird es, unbeschadet jener Theorie (§. 2037), begreiflich, wie bei einem höheren Grade von Reizbarkeit auch dann Zuckungen entstehen können, wenn ein Nerv und sein Muskel von einerlei Metallen berührt werden. Denn die Kette NMP kommt dann mit der Kette WwP (§. 1094) überein. Man muß bei diesen Versuchen sich freilich hüten, nicht zwei Stücke Zinn, eines von reinem, eines von bleihaltigem, oder ein Stück Eisen und ein Stück Stahl ꝛc. für homogene Metalle zu halten. — Volta, der ungleichartige Beschaffenheit zweier Erreger ausserhalb des Nerven und Muskels für unentbehrliche Bedingung hält, meint, daß ohne Verschiedenheit des Stoffs beider Erreger andere auch nur sehr kleine Verschiedenheiten (gegossen oder gehämmert, gefeilt, polirt, wärmer oder kälter, ꝛc.) hinreichend seyn. Gren's neues Journal. II. 2. S. 145. Zuckungen durch einen leitenden Bogen, dessen Enden Nerv und Muskel berührten. Aldini *de anim. electric.* p. 4. Zuckungen durch zusammenhängendes Quecksilber in einem Gefäße, in welches das Nervenende und ein Lappen des Muskels eingetaucht warden. Humboldt über die gereizte Faser. I. S. 60.

Daraus erklären sich dann auch die Zuckungen, durch bloße gegenseitige Berührung thierischer Organe, an einem und demselben Thiere (Humboldt über die gereizte Faser. I. S. 32. Reinhold *de Galvanismo*. I. p. 48.). Wunderbare Beobachtungen Aldini's von

Wir-

Wirkungen dieser Art aus entblößten Organen eines Thiers auf entblößte Organe eines andern. Gilbert's Annalen. XI. 2. S. 216.

§. 2043.

Die an Thieren aus allen Classen, Säugethieren, Vögeln, Amphibien, Fischen, Insecten, Würmern, Muscheln ꝛc. und hingegen an Pflanzen, auch den sogenannten empfindlichen, angestellten galvanischen Versuche haben gezeigt, daß des thierische Organismus allgemein für der Reiz des Galvanismus empfänglich; hingegen der Organismus der Pflanzen von seiner Wirkung ausgeschlossen sey.

Humboldt's vielfache Versuche in s. klassischen Werke. S. 261. fgg. S. 249. fgg.

§. 2044.

Die Wichtigkeit des Gegensatzes von Nerv und Muskel auch für den Galvanismus läßt sich nach diesen Erfahrungen wohl nicht bezweifeln. Indessen hängt die Empfänglichkeit des thierischen Organismus für den Galvanismus doch nicht bloß von diesem Gegensatze ab, da der Galvanismus auch auf bloße Empfindungsnerven wirkt, sondern von der eigenthümlichen Mischung der thierischen Materie.

§. 2045.

Damit stimmt es auch überein, daß bei gleichem Grade der Feuchtheit todte thierische Theile in der galvanischen Kette besser leiten, als todte Pflan-

zen-

zentheile, ja sogar trocknere todte thierische Theile, selbst gekochtes, gebratenes, Fleisch besser leiten, als feuchtere Pflanzentheile; daß aber Morcheln u. a. Schwämme, welche thierische Mischung haben, selbst sanft gedörrt, eben so gut leiten, als thierische Theile, auch, wenn sie keine Spur von Thierchen zeigen.

Humboldt a. a. O. S. 172. und in **Gren's** neuem Journal der Physik. II. 2. S. 120. Frische Nerven leiten die E. besser, als andere thierische Theile ꝛc. Georg **Pickel** *de electricitate et calore animali.* Virceb. 1788. p. 55. Nicht bestätigte Angabe **Jos. Baronio's** von der Wirksamkeit einer Volta'schen Säule aus Scheiben von **rothen Rüben**, **Rettigen** und **Nußbaumholz**. **Gilbert's** Annalen. XXII. 3. S. 315.

§. 2046.

Aus der Kenntniß des Galvanismus erklären wir nun auch einigermaassen die merkwürdige Wirkung der **elektrischen Fische** oder **Zitterfische**, obwohl man, daß dieselbe elektrischer Art sey, schon vorher eingesehen hat, und die Vergleichung ihrer elektrischen Organe mit Volta'schen Säulen noch nicht genug begründet ist.

Volta's Schreiben an **Banks** in **Gilbert's** Ann. X. 4. S. 447. Dagegen **Alexander von Humboldt** über die elektrischen Fische in **Gilbert's** Annalen. XXII. 1. S. 1. Der **Krampfroche** oder **Zitterroche** (*Raja Torpedo* L.) im mittelländischen Meere, der Ostsee, war schon den Alten bekannt (**Plinii** *hist. nat.* III. Berol. 1766. 8. p. 168.). In neueren Zeiten hat man noch drey andere kennen gelernt: den fürchterlich wir-

wirkenden Zitteraal (*Gymnotus electricus* L.) in den Surinamischen Gewässern (von Berkel Reise nach Rio de Berbice in der Samml. selt. u. merkw. Reisegesch. Memmingen. 1789. 8. S. 220. Sam. Fahlberg Beschr. eines elektr. Aals in Gilbert's Annalen. XIV. 4. S. 416. Kampf der elektr. Aale mit Pferden beschr. von Alex. von Humboldt eb. XXV. 1. S. 34.), den Zitterwels (*Silurus electricus* L.) im Nil und andern afrikanischen Strömen (Broussonet in Rozier *obs. sur la physique.* 1785. Aöut.), und einen, vom Lieutenant Paterson (*Philos. Transact.* LXXVI. II N. 29.) bei der Insel St. Juan zwischen der Küste Zanguebar und der Insel Madagascar entdeckten, der zu den Stachelbäuchen (*Tetrodon*) gehört (*Phil. Transact.* LXXVI. II. N. 29.). Gehler's phys. Wörterb. IV. S. 875. fgg.

Diese Thiere geben willkührlich Menschen und andern Thieren, die sie unmittelbar berühren, oder ihnen auch nur im Wasser nahe genug kommen, einen Stoß, wie eine elektrische Flasche (§. 996). Berührung oder Annäherung an Kopf und Schwanz zugleich (mit beiden Händen) wirkt stärker, als einfache. Diese Eigenschaft dient ihnen als eine natürliche Waffe ꝛc. In der Luft ist die Wirkung viel stärker als im Wasser; am Zitteraale mit Funken verbunden.

Der Zitterroche hat an beiden Seiten des Kopfes elektrische Organe, die an ihrem obern und untern Ende entgegengesetzte Elektricitäten zeigen. Jedes derselben besteht aus vielen Prismen, deren jedes in Schichtungen getheilt, und mit vielen Blutgefäßen und großen Nerven begabt ist, und in Zellen eine aus Gallert und Eiweiß bestehende Flüssigkeit enthält. Walsh *on the electric property of the torpedo* in den *philos. Transact.*

act. LXIII. p. 461. John Hunter *anat. observations on the torpedo.* ib. p. 481. Aehnliche Werkzeuge hat der Zitteraal unter dem langen Schwanze (John Hunter *on account of the gymnotus electricus* in den *philos. Transact.* LXV. II. n. 39. p. 395.); bei dem Zitterwelse umgiebt ein solches Organ dicht unter der Haut liegend den ganzen Körper. Vergleichende Anatomie der elektr. Organe des Zitterrochens, Zitteraals und Zitterwelses von E. Geoffroy in den *Annales du museum national d'hist. nat.* I. n. 5. übers. in Gilbert's Ann. XIV. 4. S. 397.

* * *

Beiträge zur nähern Kenntniß des Galvanismus. Herausgegeben von Joh. Wilh. Ritter. I. II. Jena 1800. 8.
Der Galvanismus, eine Zeitschrift vom Prof. Weber. Landshut. 1802. 8.

Acht-

Achtzehntes Kapitel.

Von der Verschiedenheit der Materie.

§. 2047.

Die einzelnen erfüllten Räume, welche uns erscheinen, fallen nicht allein mit den allgemeinen Erscheinungen der Ausdehnung (§. 47) und der Undurchdringlichkeit (§. 53), sondern ausserdem mit mancherlei anderen in unsere Sinne. Da diese in den einzelnen erfüllten Räumen auf die mannigfaltigste Weise verschieden sind, so schliessen wir daraus (§. 41), daß es verschiedene **Arten der Materie**, verschiedene **Stoffe**, gebe, und nennen das objective in jedem Stoffe, vermöge dessen er so und nicht anders in unsere Sinne fällt, seine **Beschaffenheit** (*Qualitas* materiae).

Einige dieser Beschaffenheiten sind von der Art, daß sie sich durch unmittelbare Wirkung des Körpers auf unsere Sinnesorgane offenbaren: **Dichtigkeit** (§. 55), oder spec. **Gewicht** (§. 138), **Festigkeit** (§. 168) oder **Flüssigkeit** (§. 167) in gewisser Temperatur (§. 731. 787), **Durchsichtigkeit** (§. 485), **Farbe** (§. 633), **Schall** (§. 840), **Geruch** (*Odor*), welcher in unserer Nase *Olfactus* bewirkt, **Geschmack** (*Sapor*), welcher in unserer Zunge *Gustus* bewirkt; bei festen Körpern noch bestimmte **Gestalt** (§. 171), ver-

verschiedener Grad (§. 172) und verschiedene Art (§. 175. fgg.) ihrer Cohäsion.

Andere sind von der Art, daß sie sich offenbaren, indem der Körper auf einen andern Körper wirkt, worauf dann erst diese **Wirkung** Gegenstand unserer Sinne wird: Fähigkeit zum **Magnetismus** (§. 886. 903. 921. 922), zur **Elektricität** (§. 931. 932. 937. 941. 943), zum **Galvanismus** (§. 1090. 1092. 1093), **Brennbarkeit** (§. 1045), **Verwandschaft** (§. 1024), **Wahlverwandschaft** (§. 1037), **Auflöslichkeit** in Wasser oder einem anderen Menstruum (§. 1026).

Eintheilung der Stoffe nach diesen Verschiedenheiten und Schwierigkeit wegen der vielfachen Aehnlichkeit in Rücksicht auf jede dieser Eigenschaften. **Schuster** über die Eintheilung der ungleichartigen Materien in s. Darstellung von **Winterl's** Syst. der dual. Chemie. I. S. 13.

§. 2048.

Manche dieser verschiedenen Stoffe können wir durch die Kunst zerlegen (§. 1036), und dadurch ihre Mischung (§. 1023) nachweisen. Bei einigen derselben gelingt uns dieses noch vollständiger, indem wir sie durch Mischung ihrer Grundstoffe, in welche wir sie zerlegt haben, wieder zusammensetzen können. Aber manche Stoffe sind, wenigstens für unsere Kunst bis izt, **unzerlegbar**.

§. 2049.

Einige Stoffe haben die Eigenschaft, in allen, auch in den niedrigsten Temperaturen unserer irdischen Sphäre, Gas zu seyn (§. 757), und werden daher

daher unter dem gemeinen Namen der **Gasarten** oder **Luftarten** begriffen, obwohl sie sich übrigens auf mannigfaltige Weise von einander unterscheiden, ja sogar einander entgegengesetzt erscheinen. In jeder dieser Gasarten unterscheidet man ihren **Stoff** oder ihre **wägbare Grundlage** (*Basis ponderabilis*), welche in jeder Gasart eine besondere, und die gebundene Wärme (§. 755), welche ihnen allen gemein ist.

§. 2050.

Unter den unzerlegbaren dieser Stoffe zeichnen sich insbesondere das **Hydrogene** (§. 1071) und das **Oxygene** (§. 1038) durch ihre Entgegensetzung aus. Daß das **Azote** oder das **Nitrogene** (§. 1053) aus beiden zusammengesetzt sey, hat man aus gewissen Erscheinungen geschlossen, aber noch nicht mit Gewißheit erwiesen. Alle drei haben mit einander gemein, vom Wasser nicht verschluckt zu werden (§. 761).

§. 2051.

Ausser dem Hydrogene, welches die wägbare Grundlage des brennbaren Gas ist, kennen wir (ohne die Metalle) noch drei andere brennbare Stoffe, welche unzerlegbar sind, den **Schwefel** (*Sulphur*), den **Phosphor** (*Phosphorus*) und den **Kohlenstoff** (*Carboneum*). Diese sind, ausser der allgemeinen Brennbarkeit, vom Hydrogene sowohl, als unter einander sehr beträchtlich verschieden.

Der

Der **Schwefel** ist in der gemeinen Temperatur fest, leichtflüssig, flüchtig, leicht entzündlich und wird durch Verbrennen zu **Schwefelsäure**.

Der **Phosphor**, nämlich der uneigentlich und doch vorzugsweise sogenannte (§. 480. 482), ist in der gemeinen Temperatur fest, noch leichtflüssiger und noch flüchtiger, nicht allein noch leichter entzündlich zum schnellen Verbrennen, sondern schon in gemeiner Temperatur sehr langsam verbrennend mit einem schwachen Lichte, das uns nur im Dunkeln sichtbar ist (§. 480), und giebt durch Verbrennung **Phosphorsäure**.

Der **Kohlenstoff** ist nicht allein in der gemeinen Temperatur fest, sondern in den höchsten Hitzgraden unserer irdischen Sphäre unschmelzbar und feuerbeständig, und wird durch Verbrennung zu **Kohlensäure**. Die Kohle organischer Körper ist nicht reiner Kohlenstoff, denn sie giebt bei der Verbrennung auch Asche; aber bei der Holzkohle ist der Kohlenstoff doch bei weitem der vorwaltende Stoff, da ihre Asche nach Verhältniß sehr wenig beträgt, und jene Eigenschaften, die wir dem Kohlenstoffe zuschreiben, hat die Kohle nur, in so fern sie dasjenige enthält, was bei ihrer Verbrennung zu Kohlensäure wird. Der **Demant**, unter allen irdischen Körpern der härteste, zeigt sich als reiner Kohlenstoff.

§. 2052.

Einen gewissen Stoff, der in der ganzen Erdrinde in ungeheurer Menge verbreitet, im Meere nnd in vielen Quellen aufgelöst enthalten, aber auch als fester Körper angetroffen wird, hat man von Alters her **Salz** (*Sal*) genannt. Er ist auflöslich im Wasser, und hat Geschmack. Nach und nach ist

es

es gewöhnlich geworden, auch andere Stoffe, welche diese beiden Eigenschaften haben, so zu nennen; endlich hat man auch auf liquide Stoffe und Gasarten, welche mit Wasser gemischt werden können, und Geschmack haben, diesen Namen übergetragen, weswegen jenes Salz jezt zum Unterschiede **Kochsalz** oder **gemeines Salz** (*Sal culinare, commune*) heißt.

§. 2053.

Unter diesen Salzen sind einige, welche einen sauren Geschmack und die Eigenschaft haben, die blaue Farbe vegetabilische Pigmente (Lakmus, Veilchen, Kornblume rc.) roth zu machen; wir nennen sie **saure Salze** oder **Säuren** (*Acida*). Da mehrere derselben aus einem **oxydationsfähigen Stoffe** (Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Salpeterstoff,) und **Oxygene** sich zusammensetzen, einige auch in solche sich zerlegen lassen, so wird in Lavoisier's Lehre analogisch angenommen, daß alle Säuren aus einem oxydationsfähigen Stoffe und Oxygene bestehen, so daß die besonderen Beschaffenheiten jeder Säure von jenem abhängen, die saure Eigenschaft aber von dem Oxygene, in so fern es mit jenem gemischt ist.

§. 2053.b.

Andere dieser Salze, welche **kalische Salze** oder **Kalien** (*Kalia*) heißen, haben einen Geschmack, welcher dem sauren entgegengesetzt ist, und än-

ändern die gelbe Farbe gewisser vegetabilischen Pigmente (Curcuma &c.) in die braune; die rothe (Fernambuc, Alcanna, &c.) in die violette oder blaue um. Sie stellen die durch Säuren geänderte Farbe jener Pigmente (§. 2053) wieder her, so wie hingegen Säuren die durch Kalien geänderte wieder herstellen; und überhaupt zeigen sich Kalien und Säuren in allen ihren Wirkungen fast so, wie Hydrogene und Oxygene einander entgegengesetzt. Dieses wird aus der Zerlegung der Kalien begreiflich, welche in ihnen Hydrogene mit Salpeterstoffe verbunden entdeckt hat.

§. 2053. c.

Die reinen Kalien, auch einige Säuren (Schwefelsäure, Salpetersäure) sind **ätzend** (*caustica*), d. h. sie wirken so heftig auf die Faser organischer Körper, daß sie die Mischung derselben, selbst im lebendigen Zustande, zerstören. Diese Zerstörung ist ein chemischer Proceß, in der Wirkung der Säuren eine Oxydation, in der Wirkung der Kalien eine Desoxydation (§. 1049).

§. 2054.

Säuren und Kalien (auch kalische Erden) sind also in Rücksicht auf einander differente Stoffe (§. 1020), doch nicht in dem Grade, als Oxygene und Hydrogene, auch auf andere Weise.

§. 2054. b.

§. 2054. b.

Wenn eine Säure und ein Kali mit einander gemischt werden, so heben sie eines des andern Differenz auf, (**neutralisiren** einander, **stumpfen** einander ab.) Es entsteht dadurch ein **Mittelsalz** oder **Neutralsalz** (*Sal medium s. neutrum*), welches zwar die allgemeinen Eigenschaften eines Salzes, aber weder die specifischen einer Säure, noch die eines Kali, mehr hat. Der Geschmack eines Neutralsalzes hält zwischen dem kalischen und sauren das Mittel, jene Farben werden durch Neutralsalze nicht geändert, sie sind niemals ätzend ꝛc. Aber jede Säure macht mit jedem Kali ein Neutralsalz von besonderen Beschaffenheiten, das sich im Geschmacke, bestimmter Gestalt ꝛc. von allen andern unterscheidet.

Ueber die schwankende und bei mehreren Chemikern willkührlich abgeänderte Benennung des Namens Salz.

§. 2055.

Diejenigen Stoffe, welche mit dem Namen der **Erden** (*Terrae*) belegt werden, und wenn sie derbe härtere Massen ausmachen, **Steine** (*Lapides*) heissen, haben mit einander gemein, sehr strengflüssig, (theils in unsern höchsten Hitzgraden unschmelzbar,) und sehr feuerbeständig zu seyn; von dem Kohlenstoffe unterscheiden sie sich durch den Mangel der Brennbarkeit. Aber einige derselben, selbst die strengflüssigste aller, die Kalkerde, sind, wie

Sal-

Sälze, auflöslich im Wasser, in ihren übrigen Eigenschaften den Kalien ähnlich, und machen mit den Säuren Mittelsalze, welche denen aus Säuren und Kalien bestehenden völlig ähnlich, ja zum Theile leicht auflöslicher im Wasser, als jene, sind. Daher kann man zwischen Salzen und Erden um so weniger eine Gränzlinie ziehen, da man in der Natur auch solche Steine auf dem nassen Wege krystallisirt findet, welche die Kunst nicht im Wasser auflösen kann.

§. 2056.

Eine für die allgemeine Naturlehre vorzüglich merkwürdige Säure ist die **Kohlensäure** (*Acidum carbonicum*). Sie ist, so lange sie nicht mit Wasser, oder einem andern Stoffe gemischt ist, ein Gas (kohlensaures Gas), wie Stickgas (§. 1053) und brennbares Gas (§. 1071) nicht athembar, aber spec. schwerer als gemeine Luft (§. 383), nicht brennbar, wird von kaltem Wasser verschluckt, giebt demselben einen angenehmen schwach säuerlichen Geschmack und trübt das Kalkwasser (d. h. eine Auflösung reinen oder ätzenden Kalks in Wasser, d. h. sie schlägt den in derselben aufgelöseten Kalk nieder (§. 1044), weil sie sich mit demselben verbindet und mit Kohlensäure begabter Kalk im Wasser unauflöslich ist. Die gemeinen Quellwässer enthalten diese Säure, und zugleich mit Kohlensäure begabten Kalk, der vermöge jener freien Kohlensäure in ihnen aufgelöset ist. Davon haben sie

ihren Geschmack, den sie an freier Luft allmählig verlieren, geschwinder wenn man sie kocht, indem ihre freie Kohlensäure als Gas entweicht, und ihr Kalk, seine Kohlensäure beibehaltend, niederfällt. Die Luft, welche die Thiere ausathmen, besteht aus Stickgas und diesem Gas, indem das Oxygene der Luft (§. 1051) mit dem Kohlenstoffe des thierischen Bluts zu Kohlensäure wird. Bei allen Verbrennungen organischer Stoffe entsteht dieses Gas aus dem Kohlenstoffe derselben und dem Oxygene der Luft. Daher enthält die Atmosphäre in ihren untern Schichten immer mehr oder weniger von diesem Gas. Die in der Natur vorkommenden Kalien und kalischen Erden sind nicht im reinen (ätzenden) Zustande, sondern mit Kohlensäure begabt, die jedoch als Säure zu schwach ist, ihre kalischen Eigenschaften aufzuheben, und dieselben nur mildert. Wenn andere Säuren auf dieselben wirken, so entweicht die Kohlensäure als Gas; daher das Aufbrausen (*Effervescentia*) derselben.

§. 2057.

Bei den Verbindungen der Säuren mit Kalien und Erden giebt es einige, in denen allemal beide entgegengesetzte Stoffe sich so mit einander verbinden, daß keine völlige Neutralisirung (§. 2054[b].) eintritt, sondern einer der beiden Stoffe vorschlägt, so daß, (wie bei Alaun, Weinstein, —) das Gemisch noch saure, oder (wie bei Borax, —) noch kalische Beschaffenheit zeigt.

§. 2058.

§. 2058.

Gewisse bis izt nicht zerlegte brennbare Stoffe hat man wegen ihren sonderbaren Eigenschaften unter dem Namen der Metalle in eine eigene Ordnung abgesondert.

Alle bis jezt bekannte haben eine grössere Dichtigkeit, als andere Stoffe, selbst als die spec. schwersten Steine (Seite 278), obwohl in sehr verschiedenen Graden. Sie sind, auch geschmolzen, undurchsichtig (§. 489), haben einen gewissen Glanz, und unterscheiden sich im Verbrennen dadurch vom Kohlenstoffe, der mit dem Oxygene zu (kohlensaurem) Gas wird, daß sie zu **Metalloxyd**, einer festen Masse werden, zu welcher das Oxygene, seinen Gaszustand ablegend, sich mit ihnen vereinigt. Ein Metalloxyd hat allemal mehr absolutes Gewicht, als die Quantität Metall, aus der es entstanden ist (§. 1047); ist hingegen specifisch leichter, als sein Metall, und hat im äussern Ansehen, in der Strengflüssigkeit, Feuerbeständigkeit, so viel Aehnlichkeit mit einer Erde, daß man dadurch nicht allein ehemals bewogen wurde, das, was jezt **Metalloxyd** (§. 1049) heißt, **Metallkalk** zu nennen, sondern auch noch neuerlich die Erden für Metalloxyde gehalten hat. Diese Metalloxyde sind mit Säuren mischbar und machen damit metallische Salze 2c. Uebrigens aber unterscheiden sich die Metalle von einander in Rücksicht auf ihre Dichtigkeit, Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, Farbe, Farbe ihrer Oxyde, 2c. auf die mannigfaltigste Weise; insbesondere auch darin, daß einige Metalloxyde die Säuren, wie kalische Erden, abstumpfen, andere nicht, einige hingegen die ätzende Eigenschaft der Säuren erhöhen, einige sogar selbst zu Säuren werden können.

§. 2059.

Wenn ein Gemisch, das aus einem brennbaren Stoffe b und Oxygene O besteht (§. 1030), der Wirkung eines andern brennbaren Stoffes a ausgesetzt wird, welcher zu O eine nähere Verwandschaft hat, als b, so wird dadurch b ausgeschieden (§. 1037) und (zu demselben brennbaren Stoffe wieder) **hergestellt** (reducitur).

So kann die Herstellung (Reductio) aller Metalle aus ihren Oxyden, auch des Schwefels aus Schwefelsäure, des Phosphors aus Phosphorsäure, durch Kohlenstoff bewirkt werden, indem dieser, ihnen das Oxygene entziehend, zu Kohlensäure wird. Die Metalle zeigen aber in dieser Rücksicht nicht allein allgemein verschiedene Wahlverwandschaft gegen das Oxygene, so daß ein Metall durch ein anderes hergestellt werden kann, sondern einige, die wir edle Metalle nennen, (Gold, Platina, Silber, Quecksilber,) haben so wenig Anziehung zum Oxygene, daß sie durch bloße Glühehitze wieder hergestellt werden, indem darin alles ihr Oxygene zu Gas wird, da hingegen die unedlen auch in der stärksten Glühehitze so viel Oxygene festhalten, daß sie Oxyde bleiben, und daher zur Herstellung allemal eines andern Stoffes bedürfen, welcher ihnen alles Oxygene wieder entzieht.

§. 2059. b.

Es ist das Geschäfft der Naturbeschreibung (§. 10), die Beschaffenheiten der einzelnen Arten von Steinen, Salzen, Metallen ꝛc. anzugeben, und das der Chemie (§. 1019), als eines besondern

Zweiges der Naturlehre, ihre vielfachen Mischungen und Scheidungen nachzuweisen. Hier ist nur im allgemeinen die Rede von dem **Grunde** jener vielfachen Verschiedenheit.

§. 2060.

Die atomistische Naturlehre führt in der Forschung nach diesem Grunde aus den Begriffen von Mischung und Scheidung (§. 1023. 1036.) nothwendig auf den Begriff von **Urstoffen** (*Elementa*), d. h. solchen Stoffen, welche ursprünglich einfach, nicht gemischt, also absolut unzerlegbar sind. Daher finden wir diese Idee in den Nachrichten, welche uns von der Naturlehre der Sophen des alten Griechenlandes aufbehalten sind.

§. 2061.

Einige derselben haben **einen** Urstoff angenommen, aus welchem alle Körper entstanden seyn. In der Lehre des Thales von Milet ist dieser Urstoff das **Wasser**.

Aristotelis *Metaphys.* I. 3. *Opp.* ed. Aurel. Allobrog. 1606. 8. Tom. II. p. 1229. Diogenis Laërtii *de vita et moribus philosophorum.* lib. I. Ed. Lugd. 1559. 8. In vita Thaletis. p. 19.

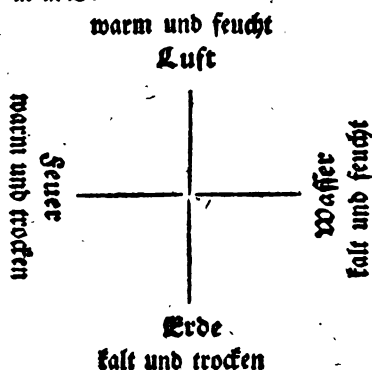
Anaximenes und Diogenes nahmen die Luft, Hippasos und Heraklitos das Feuer für den Urstoff an. Aristoteles *l. c.*

§. 2062.

Aber die Unbegreiflichkeit der Entstehung so vielfach verschiedener Stoffe aus **einem** führte natür-

natürlich darauf, sich mehrere Urstoffe zu denken. Die aus Pythagoras Schule entsprossene Lehre des Aristoteles und der von ihm abstammenden peripatetischen Schule von vier Urstoffen: Feuer, Wasser, Luft und Erde, stand zweitausend Jahre lang in einem kanonischen Ansehen, dessen der zwiefache in ihr liegende Gegensatz gewiß nicht unwerth war.

Diogenes Laertius in vita Pythagorae. l. c. p. 343. Platonis *Timaeus*. *Opp*. ed. Bipont. 1786. 8. p. 307. Empedokles beim Aristoteles a. a. O.



§. 2063.

In dem lezten Jahrhunderte wurde diese Lehre nicht allein von einer Seite dadurch wankend gemacht, daß man anfieng, an der Materialität des Lichts und der Wärme zu zweifeln (§. 511. 694), während andere einen Lichtstoff (§. 505) und einen Wärmestoff (§. 691) als verschiedene Stoffe (§. 698) anneh-

annehmen wollten, sondern auch von einer andern Seite völlig umgeworfen, als Lavoisier's Lehre das Wasser nicht mehr für einen einfachen Stoff erkannte, sondern den Lehrsatz aufstellte, daß es aus Hydrogene und Oxygene zusammeengesetzt sey.

In Lavoisier's Lehre wird der Proceß §. 1071. — 1074. als eine Zerlegung des Wassers erklärt: das Eisen rc. zieht das Oxygene des Wassers an sich und wird oxydirt; das Hydrogene des Wassers wird frei und zu brennbarem Gas. Der entgegengesetzte Proceß §. 1078. als eine Mischung oder Zusammensetzung des Wassers aus Hydrogene und Oxygene. Dem Einwurfe vorzubeugen, daß das in dem leztern Processe erscheinende Wasser in den Gasarten aufgelöset (§. 1063) gewesen, wurden sie vorher durch trocknes Kali geleitet (§. 1065). *Memoire où l'on prouve, que l'eau n'est pas une substance simple* par M. M. Lavoisier, de la Place, Meusnier et Monge in den *Mem. de de l'ac. de Paris.* 1781. p. 209.

§. 2064.

Allein die Erzeugung des Hydrogene und Oxygene aus Wasser durch den Galvanismus an Volta's Säule (§. 2006), da sie in zweien von einander abgesonderten Gefäßen so geschehen kann, daß in einem Hydrogene, in dem andern Oxygene entsteht, scheint mit Lavoisier's Lehre nicht bestehen zu können. Daher ist Ritter zu der alten Lehre von dem Wasser, als einem einfachen Stoffe, zurückgekehrt.

Rit-

Ritter in Voigt's Magazin. II. 2. S. 380. Gilbert's Annalen. IX. 3. S. 265.

Indessen hat nach Lavoisier's Theorie diese Wirkung zu erklären und diese Erklärung durch seine Versuche zu beweisen gesucht: Jo. Frid. Erdmann *utrum aqua per electricitatem columnae a cel.* Volta *inventae in elementa sua dissolvatur?* Viteb. 1802. Im Ausz. übers. in Gilbert's Ann. XI. 2. S. 211.

§. 2065.

Man erkläre diese Erfahrungen, wie man wolle, so geht allemal aus ihnen hervor, daß die beiden differenten (§. 1020) Stoffe, **Hydrogene** (§. 1071.) und **Oxygene** (§. 1048), gleichsam als **Polarstoffe** in der Materie anzusehen seyn, zwischen denen das **Wasser** (§. 1057) im **Indifferenzpuncte** liegt. Aus dem indifferenten Wasser können jene beiden differenten Stoffe hervorgehen, und hingegen können beide mit einander Wasser erzeugen, indem sie, mit einander sich vereinigend, ihre Differenz wechselseitig tilgen.

§. 2066.

Offenbar entstehen bei der Wirkung des Galvanismus (§. 2006) jene beide Stoffe, das Hydrogene und Oxygene, aus dem Wasser durch Wirkung der entgegengesetzten Elektricitäten, da die beiden EE an beiden Polen der Volta'schen Säule im Verhältniß der Gaserzeugung gemindert werden. **Hydrogene** ist daher in Ritter's Lehre

Was=

Wasser mit + E, Oxygene hingegen Wasser mit — E begabt. Der Gegensatz des Hydrogene und Oxygene ist also der **Gegensatz der Elektricität** in der Materie, welcher auch, da das Hydrogene brennbar ist, und nur durch Vereinigung mit dem Oxygene verbrennt, der **Gegensatz der Brennbarkeit** genannt werden kann.

§. 2067.

Im allgemeinen scheint das Oxygene mit der anziehenden, das Hydrogene mit der Dehnkraft in näherer Beziehung zustehen.

Weil das Oxygene die Metalle strengflüssiger und feuerbeständiger macht; unvollkommene Säuren durch Anziehung von mehr Oxygene feuerbeständiger werden; Oele durch Säuren, durch Bleioxyd, auch schon durch das Oxygene der Luft, gerinnen; hingegen durch Mischung mit Hydrogene Schwefel, Phosphor, flüchtiger werden; Alkohol und Naphtha, welche vorzüglich viel Hydrogene enthalten, höchst leichtflüssig und sehr flüchtig sind; die Kalien, welche Hydrogene enthalten, Kieselerde, Harze, Faserstoff, Colla, auflösen; bei der Verwandlung des Wassers in Oxygene und Hydrogene das Oxygene mit dem Eisen rc. fest, das Hydrogene hingegen zu Gas wird; auch das Oxygene als Gas doch über 16mal dichter ist, als das Gas hydrogene rc.

Sehr merkwürdig ist für diese Vergleichung auch Kastners Erfahrung, nach welcher das Gas, welches bei dem Gefrieren reinen Wassers sich entbindet (§. 1059), brennbares Gas ist, hingegen das Eis Zeichen von Oxydation verräth. Carol. Guil. Gottl. Kastner *diss.*

diss. fluida, imprimis aquam, vbi temperiei vicissitudini subiiciantur, non formae solum, sed chemicae etiam relationis mutationem subire demonstratur. Jenae 1805. 4. p. 7. sqq.

§. 2068.

Dieses führt dann darauf, daß diejenige Elektricität (+ E), welche man die positive nennt, mehr der **anziehenden** oder negativen Grundkraft angehöre, weil sie das Wasser in Oxygene verwandelt, und diejenige (— E), welche man die **negative** nennt, mehr der **Dehnkraft** oder positiven Grundkraft angehöre, weil sie das Wasser in Hydrogene verwandelt (§. 2006). Dennach sollte ein Körper, der + E hat, seine Cohäsion vermindern, einer, der — E hat, seine Cohäsion erhöhen.

Nach Schelling (Ideen zu einer Philosophie der Natur. I. Landshut 1803. S. 205. und allg. Deduction des dynam. Processes in s. Zeitschrift für speculative Physik I. 2. Jena 1800. S. 71.) verhält es sich umgekehrt. Nach ihm ist das allgemeine Gesetz des elektrischen Verhältnisses der Körper: derjenige von beiden, welcher im Gegensatz gegen den andern seine **Cohäsion erhöhet**, wird **negativ**, derjenige, welcher sie **vermindert**, wird **positiv** elektrisch erscheinen müssen. Dann wäre das **Hydrogene** Wasser mit + E, das **Oxygene** Wasser mit — E begabt, und wir müßten uns die Entstehung beider Stoffe aus dem Wasser in der galvanischen Kette so erklären, daß das Wasser daselbst nicht durch Mittheilung, sondern durch **Vertheilung** seine E E gewinne, gerade so, wie ein indifferenter Eisenstab da, wo er den Nordpol eines Magnets berührt, einen Südpol erhält.

Er-

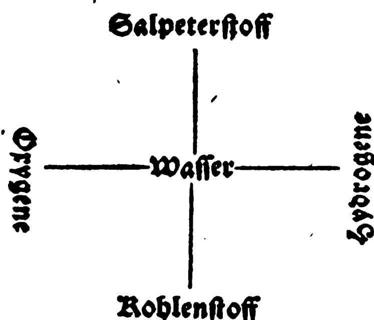
Erfahrungen, welche dazu beitragen, dieses zu bestimmen: Bei der Erhitzung eines Draths, der, mit seinen Enden die Pole einer starken Voltaschen Säule berührend, die Kette schließt, entsteht, wie das Gefühl zeigt, die Wärme am Oxygenpole (Reinhold in Gilbert's Annalen. XI. 4. S. 384.); mithin läßt der + E habende Pol Dehnkraft fahren. Damit stimmt es überein, daß bei dem Elektrisiren zweier um mehr als die Schlagweite von einander entfernter Kugeln die + E habende Kugel mit einer Lichtsphäre umgeben erscheint; die — E habende nicht.

Hingegen bei der Erwärmung von aussen zeigt es sich umgekehrt. Wenn eine brennende Kerze zwischen zwei etwa 4″ von einander entfernte metallene Kugeln gestellt wird, deren eine mit dem + E-Leiter, die andere mit dem — E-Leiter einer Maschine in Verbindung steht, so wird bei fortgesetztem Drehen der Maschine die — E habende Kugel sehr heiß, während die + E habende kalt bleibt. Cuthbertson in Gilbert's Ann. XXIV. 1. S. 113.

§. 2069.

Obwohl in der Ordnung der verschiedenen Stoffe nach dem Gegensatze der Brennbarkeit einige, namentlich die anderen brennbaren, auch die Kalien, gewissermassen auf die Hydrogenseite des Wassers, andere, die verbrannten, die Säuren, gewissermassen auf die Oxygenseite desselben fallen, so ist doch klar, daß man auf diese Weise keine vollkommene Stufenfolge in einer geraden Linie zwischen Hydrogene und Oxygene aufstellen kann, weil die Extreme dieser Linie beide Gasarten, mehrere brennbare Stof-

Stoffe aber in der gemeinen Temperatur fest, (der Kohlenstoff gar unschmelzbar und feuerbeständig,) der Stickstoff und die Kalien weder brennbar noch verbrannt, die Säuren aus Oxygene und brennbaren Stoffen zusammengesetzt, die Neutralsalze nur unvollkommen indifferent sind ꝛc. Man ist daher genöthigt, einen zweiten Gegensatz, den **Gegensatz der Cohäsion** anzuerkennen, zwischen dem **Kohlenstoffe** als dem mit der stärksten Cohäsion begabten (§. 925.) und dem **Salpeterstoffe** oder **Stickstoffe**, der nächst dem Hydrogene unter den unzerlegbaren Gasarten die ausgedehnteste ist, und mit dem Hydrogene die auflösenden (d. h. Cohäsion aufhebenden) Kalien zusammensetzt.



Henrich Steffens Beiträge zur innern Naturgeschichte der Erde. I. Freiberg 1801. 8. S. 91. Dess. Grundzüge der philosophischen Naturwissenschaft. Berlin 1806. 8. S. 45. **Schelling's** Ideen zu einer Philosophie der Natur. I. S. 364. Dess. allgem. Deduction des dynam. Processes in s. Zeitschrift für speculat. Physik. I. 2. S. 73.

Ob

Ob und in wie fern in der Polarität zwischen Kohlenstoff und Salpeterstoff das Eisen im Indifferenzpuncte liege?

Schelling's Unterscheidung der absoluten und relativen Cohäsion.

§. 2070.

So fruchtbar die Aufstellung dieses zwiefachen Gegensatzes in der Anordnung der Stoffe, und so interessant dieselbe auch durch ihre Vergleichung mit dem zwiefachen Gegensatze der Alten (§. 2062) wird; so ist sie doch nur ein Schema, in welchem wir bequem übersehen, wie von dem Wasser, als der Indifferenz aller irdischen Materie, die verschiedenen Stoffe nach zweien Polaritäten different werden, und kann die Verschiedenheit der Materie keinesweges erklären.

§. 2071.

Indem die Dynamik (§. 116) die Idee von Atomien völlig aufhebt, kann sie auch keine atomistische Erklärung jener Verschiedenheit gelten lassen. Wie sie die Existenz der Materie durch Vereinigung von Dehnkraft und anziehender Kraft erklärt (§. 120.), so sind in ihr die besondern Arten der Materie verschiedene bestimmte Verhältnisse dieser beiden mit einander vereinigten Grundkräfte.

§. 2072.

Allein obwohl unendlich viele verschiedene Verhältnisse dieser beiden Kräfte sich denken lassen, so ist doch aus der bloßen Verschiedenheit dieser Verhält-

hältnisse nur die verschiedene Dichtigkeit der Stoffe, höchstens die verschiedene Stärke und Härte, die verschiedene Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, begreiflich, wenn man nicht noch gewisse Bestimmungen zu Hülfe nimmt.

Wie sollen wir daraus die unabsehliche Menge anderer Verschiedenheiten und ihre vielfachen Durchkreuzungen begreifen, in denen die einzelnen Beschaffenheiten gar nicht mit einander in Verhältnisse stehen? Wie begreifen, daß selbst jene Beschaffenheiten: Dichtigkeit, Stärke, Härte, Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, in den verschiedenen Stoffen nicht mit einander im Verhältnisse stehen?

Blei ist dichter, als Eisen, und doch Eisen viel härter, als Blei. Der Demant übertrifft alle Metalle an Härte, und steht allen an Dichtigkeit nach. Quecksilber eines der dichtesten, und doch eines der leichtflüssigsten und flüchtigsten Metalle. Magnesia im Wasser unauflöslich, macht doch mit Schwefelsäure ein im Wasser sehr leicht auflösliches; Kalk im Wasser auflöslich macht mit derselben Säure ein im Wasser schwer auflösliches Salz ꝛc.

§. 2073.

Winterl's, eines ehrwürdigen Veteranen in der Chemie, neues atomistisches System, auf eine langjährige Reihe wichtiger Versuche gegründet, kommt in dieser Forschung der Dynamik entgegen, indem es von vielen Gegenständen der Naturlehre eine ganz neue Ansicht giebt, und, den Forschungsgeist von neuem weckend, uns warnet, Lavoisier's Systeme nicht mit blindem Vorurtheile des Ansehens unbedingt zu huldigen.

Die-

Dieses System unterscheidet die einander entgegengesetzten Stoffe, unter dem Namen der **Säuren** und **Basen**, oder sauren und basischen Stoffe. (Der leztere Name ist ist bloß willkührlich daher gegeben, daß es schon vormals gewöhnlich war, das Kali oder die kalische Erde eines Neutralsalzes seine **Grundlage** (*Basis*) zu nennen.) Zu den **Säuren** zählt er nicht nur die gewöhnlich so genannten Stoffe, sondern auch die Oele, seine **Andronia** (fast übereinstimmend mit **Lavoisier's** Kohlenstoffe), und selbst das **Oxygene**, welches er **Wassersäure** nennt; zu den **Basen** ausser den Kalien, kalischen Erden, auch das Alkohol und selbst das **Hydrogene**, welches er **Wasserbase** nennt.

Alle **Atome** der Materie sind an sich selbst **gleichartig** und (zum chemischen Processe) unthätig; ihre saure und basische Differenz und ihre davon abhängende (chemische) Thätigkeit entsteht vermöge zweier einander entgegengesetzter mit den Atomen sich verbindender Principien, des **Säureprincips** und **Baseprincips**, welche selbst nicht materiel sind, und daher **begeistende Principien** genannt werden, so wie die Säuren und Basen **begeistet** heissen. Diese Principien sind einerlei mit den beiden Principien der entgegengesetzten **Elektricitäten**, weswegen die vom + E hier die **basische**, die vom — E die **saure** heißt (§. 944. 1016). Wenn eine Säure und eine Base sich mit einander mischen, so verlieren beide ihre begeistenden Principien (werden **entgeistet**, entsäuert, entbasirt,) indem diese einander aufheben. Wenn aus einem Neutralsalze eine Säure ausgeschieden wird, so wird diese, als Säure, erst in der Ausscheidung erzeugt, indem sie aus der vertreibenden Säure oder aus der Glühehitze das Säureprincip wieder erhält: eben so entsteht eine ausgeschiedene Base

se als Base erst bei der Ausscheidung, indem sie aus der vertreibenden Base das Baseprincip wieder erhält ꝛc. Auch Säuren können mit Säuren, Basen mit Basen gemischt werden (Synsomazien). Die Ursache der Verbindung der thätig machenden Principien mit dem unthätigen Stoffe (Conditio religans) nennt er das Band. Vermöge dieses Bandes, welches jeder begeistet gewesene Atom bei der Entgeistung behält, wird er bei der Wiederannahme des Säureprincips dieselbe Säure wieder, bei der Annahme des Baseprincips dieselbe Base wieder, welche er vorher war ꝛc. Metalle sind Basen mit Säureprincip (als einer Atmosphäre) umflossen. Wasser hat basische Eigenschaften (?), die es als Eis verliert. Wärmestoff (§. 691) besteht aus Säureprincip und Baseprincip; daher die Hitze des elektrischen Funkens, die Erhitzung bei der Mischung von Säuren und Basen ꝛc.

Jacobi Josephi Winterl *prolusiones ad Chemiam seculi decimi noni.* Budae. 1800. 8. Dess. Darstellung der vier Bestandtheile der anorganischen Natur aus dem Latein. übersetzt von Johann Schuster. Jena 1804. 8. Materialien zu einer Chemie des neunzehnten Jahrhunderts herausg. von Johann Christian Oersted. I. Regensb. 1803. 8. System der dualistischen Chemie des Prof. Jacob Joseph Winterl dargestellt von Johann Schuster. I. II. Berl. 1807. 8.

§. 2074.

Obwohl Winterl's System, als atomistisch, in die Dynamik nicht aufgenommen werden kann, so können wir doch, auch der Dynamik zugethan, seinen Ideen und Forschungen unsere Aufmerk-

sam-

samkeit um so weniger versagen, da sein Dualismus mit dem Dualismus der Dynamik (§. 117) nahe zusammentrifft: ja es mögte die Idee von zweien **begeistenden Principien** in die Dynamik, ihrem Wesen unbeschadet, aufgenommen werden können.

In so fern die Dehnkraft die eigentlich Raum erfüllende, positive Kraft ist, welche allein wirkend ins Unendliche sich verbreiten würde (§. 119), die anziehende hingegen die, welche jene beschränkt, und durch deren Vereinigung mit jener die endlichen Sphären der Körperwelt entstehen (§. 120), so kann man jene das eigentlich **begeistende Princip**, diese das **verkörpernde** nennen. Aus beiden Principien entstehen die Kräfte beider entgegengesetzter Elektricitäten, die wir mit + E und — E bezeichnet haben; da aber beide das Wasser in ein Gas verwandeln, jede in eines von besonderer Art, also in beiden die Dehnkraft vorwaltet (§. 755. 1010), so ist klar, daß in beiden E E die Dehnkraft selbst sich in zwei begeistende Principien entzweie, deren jedes aus Dehnkraft und anziehender Kraft besteht. Und da nicht erwiesen ist, daß bloßes + E oder — E Materie sey (§. 1017), vielmehr die Gleichheit des Gewichts einer gewissen Quantität Wasser, und des Oxygene und Hydrogene, die daraus entstehen, oder dazu werden (§. 1072. 1078. 2006), dafür spricht, diese Principien für immateriel anzunehmen (§. 129. 137), so scheint es, daß in beiden E E die Dehnkraft doch nicht so viel von der anziehenden Kraft mit sich vereinigt habe, als dazu erfordert wird, um die Dehnkraft zur Materie selbst zu machen. Beide Principien scheinen also Mitteldinge zwischen Grundkraft und Materie zu seyn, und in der im ganzen Weltall herrschenden Stufenfol-

ge den Uebergang von der Dehnkraft zur Materie zu machen. Wenn aber das Hydrogene dem + E, das Oxygene dem — E angehört (§. 2068), so waltet im + E die Dehnkraft im höheren Grade vor (§. 2067), und ist auch auf andere Weise mit der anziehenden Kraft verbunden, als in dem — E.

§. 2075.

Die Verbrennung, die Mischung der Säuren mit Kalien, mit Metallen, die Ausscheidung der Säuren aus Neutralsalzen, die Herstellnng der Metalle ꝛc. machen es äusserst wahrscheinlich, daß alle mit chemischer Differenz begabte Stoffe, welche mit einander dynamische Gemische machen, ein ähnliches Verhältniß, als Hydrogene und Oxygene, zu einander haben, so daß ihre **chemische Differenz** in **elektrischer** begründet ist. Nach dieser Hypothese sind einige Stoffe, die brennbaren, die Kalien, ꝛc. mit (+) E, andere, die Säuren ꝛc. mit dem entgegengesetzten (—) E begabt. Aber diese **chemische Elektricität** ist doch eben sowohl verschieden von jener eigentlich so genannten, welche durch Reiben in festen Körpern entsteht (§. 941), als diese vom Magnetismus, nur dermaassen abhängig von denselben Grundkräften, daß eine leicht in die andere übergeht.

Jene herrscht nur auf der Oberfläche des Körpers, und ändert nichts merkliches in der Materie desselben, so lange sie nicht zum elektrischen Funken wird; diese herrscht durch den ganzen Körper, und bestimmt selbst das

das specifische seiner Materie. Jene wird durch Berührung jedes Leiters gemindert und kann nur durch Isolirung in den Körpern erhalten werden: diese halten die mit ihr begabten Körper auch gegen berührende Leiter an sich, so lange sie fest und in niedriger Temperatur sind. Dann erfolgt, eben mit dem chemischen Processe, wechselseitige Mittheilung, wenn zwei von einander berührenden Körpern wenigstens einer flüssig oder doch hinlänglich erhitzt ist: ja Hydrogene und Oxygene können selbst im flüssigen Zustande einander berühren, gewaschen werden, ohne ihre Differenz zu verlieren.

§. 2076.

Was die Stahlische Schule (§. 510. 1046.) **Phlogiston** nannte, wäre dann nichts anders, als das eine dieser begeistenden Principien, eben das, welches im Hydrogene herrscht (+E), und die Verbrennung (§. 1045) ein elektrischer Proceß, bei welchem sich das +E des brennbaren Körpers mit dem —E des Oxygene verbindet.

§. 2077.

Da die eigenthümliche Differenz des Hydrogene und Oxygene im indifferenten Wasser gänzlich fehlt, so müssen wir, nach dieser Ansicht, annehmen, daß jene beiden Stoffe, wie sie mit einander zu Wasser vereinigt werden (§. 1078) ihre begeistenden Principien gänzlich ablegen, und daß, wenn aus Wasser Hydrogene und Oxygene entstehen, dasselbe anderswoher die begeistenden Principien erhalte, welche es selbst nicht hat,

entweder aus unmittelbarer Wirkung der Elektricität (§. 1073. 2006.), oder das +E aus einem Metalle (§. 1074. 2074), das —E aus dem Oxygene der Luft (Ebend. §. 1051.); bei der Verwandlung des Wassers in der Glühehitze (§. 1071. 1072) ohne Zutritt der Luft wirkt mit Hülfe des Metalls die Glühehitze selbst (§. 694). Eben so, daß Säure und Kali, wenn sie mit einander sich mischen, jene ihr —E, dieses sein +E ablegen; bei der Ausscheidung des Ammoniums aus Salmiak mittelst des Kalks erhalte der Stoff des Ammoniums sein +E aus dem Kalke wieder; bei der Ausscheidung der Salpetersäure aus Salpeter durch Schwefelsäure erhalte der Stoff der Salpetersäure sein —E aus der Schwefelsäure wieder rc.

§. 2078.

Wenn gleich die Dynamik ein Gemisch (§. 1023) für ein Verhältniß beider Grundkräfte hält, das aus den Verhältnissen derselben zusammengesetzt ist (§. 1030), welche in den Grundstoffen Statt finden, so scheint es doch, daß die einfachen Verhältnisse auch in der Zusammensetzung noch eine gewisse Selbstständigkeit beibehalten, nicht allein bei denen Mischungen, welche wir mechanische (§. 1031) sondern auch bei denen, welche wir dynamische (§. 1032) genannt haben, (mit dem Unterschiede, daß im leztern die Stoffe ihre begeistenden Principien ablegen (§. 2077), weil wir fin-

finden, daß ein Grundstoff aus der Mischung mit einem andern durch sehr verschiedene Scheidungsmittel immer als derselbe Grundstoff ausgeschieden werde.

Aus einer Glaubersalzlauge fällt dasselbe Glaubersalz nieder, man mag das Wasser durch Wärme oder durch Alkohol abscheiden. Aus einer Auflösung von Kalk in Salzsäure fällt allemal (kohlensaurer) Kalk, die Fällung mag durch (kohlensaures) Kali, Natrum oder Ammonium geschehen. Aus einer Auflösung von Quecksilber in Salpetersäure allemal Quecksilber, es mag Kupfer, Blei, Zink ꝛc. das Scheidungsmittel seyn. Ein Metall, es sey auf dem nassen oder trocknen Wege oxydirt, und werde durch Kohle oder einen andern brennbaren Stoff hergestellt, wird allemal dasselbe Metall wieder ꝛc.

§. 2079.

So können vielleicht auch zwei Stoffe, welche mit entgegengesetzten EE begabt sind, sich mit einander mischen, ohne dieselben gänzlich abzulegen; die Mischung des Hydrogene und Oxygene zu Wasser scheint die einzige zu seyn, bei welcher sie gänzlich abgelegt werden. Die Verbrennung des Schwefels, Phosphors, der Metalle besteht doch offenbar nicht bloß darin, daß sie ihr + E (Phlogiston) ablegen, sondern auch darin, daß sie Oxygene (mit — E begabtes Wasser) anziehen. Auch läßt sich, bei dieser Art von Elektricität (§. 2075) eine Vereinigung zweier mit entgegengesetzten EE begabten Stoffe denken, bei welcher die Stoffe ihre EE beibehalten, beide EE nur durch

ein-

einander gebunden wurden (§. 954), ohne in einander übergegangen zu seyn. So etwas könnte vielleicht in den Neutralsalzen Statt finden.

§. 2080.

So läßt sich einigermassen dasjenige erklären, was man **Modification** eines Stoffes nennt: die Weise der Verbindung der Grundstoffe, aus denen er besteht, mit einander.

Es kann erstlich ein Grundstoff so mit einem andern gemischt werden, daß er das begeistende Princip (§. 2075), mit welchem er begabt ist, in der Mischung völlig ablegt, oder so, daß er es ganz oder zum Theile beibehält (§. 2079); fürs andere kann die Innigkeit der Verbindung zweier Stoffe verschiedene Grade haben und so können in einem Gemische die nächsten Grundstoffe desselben mit einander in minder inniger Verbindung seyn, als die entfernten (§. 1023), oder die, aus denen die nächsten bestehen.

Im Alkohol

Alkohol
Hydrogene a — Kohlenstoff — Wasser
Wasser: Hydrogene b — Oxygene

ist das Hydrogene a noch mit seinem + E begabt: aber das b hat es abgelegt.

Im Knallgolde

Knallgold
Goldoxyd ab — Ammonium cd
Goldoxyd: Gold a — Oxygene b
Ammonium: Hydrogene c — Nitrogene d

sind

sind a mit b, c mit d in innigerer Verbindung als a b mit c d.

Hildebrandt über die Modification der Materie in Gehlen's n. Journal der Chemie. V. 6. S. 605.

§. 2081.

Auch in der Dynamik kann der Begriff eines **Urstoffes** (§. 2060) Statt finden, aber als eines **einfachen Verhältnisses** (§. 1030) beider Grundkräfte. Giebt es mehrere Urstoffe, so ist schon darin die Verschiedenheit der Materie zu großem Theile begründet, daß die gemischten Stoffe aus verschiedenen Urstoffen und in verschiedenen Verhältnissen derselben gemischt sind, so wie es am Tage liegt, daß aus verschiedenen der von uns nicht zerlegbaren Stoffe verschiedene Gemische entstehen. Ob es aber mehrere Urstoffe unserer irdischen Sphäre gebe, oder ob das **Wasser** der einzige sey, aus welchem alle Stoffe derselben entstehen, diese Frage zu beantworten ist unsere heutige Naturlehre noch zu schwach. Mit Hülfe jener Ansichten kann man nur einigermaassen zeigen, wie vielleicht aus dem einzigen Wasser alle irdische Stoffe entstanden seyn **könnten**; darf aber dabei nicht vergessen, daß sie nur Ansichten, nicht einmal rein dynamische Ansichten sind.

Wenn wir es nicht ganz aufgeben wollen, die Verschiedenheit der Materie zu erklären, so können wir kaum vermeiden, uns in die Atomistik zu verirren.

Be-

Berichtigungen und Zusätze.

Die vorzüglich wichtigen sind mit einem * bezeichnet.

Im ersten Bande.

* Tabula II. fig. 24. fehlt im Winkel dac der Buchstab y
§. 14. Zeile 1 statt Naturlehre lies: Naturkunde
Seite 25 Zeile 4 statt: in denen lies: von denen
* §. 90. lezte Zeile, st. Mc l. MC
§. 96. Z. 3 von unten st. abhängen l. abhängt
* §. 104. Z. 7 st. ae l. ab
* §. 110. Z. 4 st. Theilen l. Zeiten
§. 123. Z. 1 st. §. 129. l. §. 55.
§. 128. sollte: „Joh. Kepler" ꝛc. ohne Absaz folgen
* §. 171 b. Z. 10 st. fester l. flüssiger
§. 177 b. Z. 5. von unten nach: „Hämmern" füge hinzu: Pressen in Streckwerken, Drathzügen ꝛc.
Seite 144 Z. 1 streiche: Geisfüsse, weg und setze es Zeile 5 hinter: Sensen
* Seite 163 Z. 6 von unten st. Sinus ang z l. Sinus ang y
Seite 171 Z. 17 st. m setze a
* Seite 188 Z. 7 st. 2 + 2 l. 4 + 4
Z. 8 st. 4 l. 8.
* Seite 221 Z. 11 von unten st. dennoch setze: demnach
§. 323. Z. 3 lies: dg, hc, ng.
* §. 327. Z. 8 st. a l. b.
Seite 232 Z. 9 st. mit Gewichten lies: mit dem Gewichte
§. 348. Z. 6 von unten st. der Höhe l. die Höhe
* Seite 244 Z. 2 von unten lies: bei geschmolzenem Bleie und gläsernen Röhren
* Seite 249 Z. 5 lies: $\frac{-\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = -1$
Z. 6. 7 lies: 1. g
* Seite 255 Z. 6 statt: zerstossenes lies: zerflossenes
Seite 270 Z. 16 st. 100 l. 1000.
Seite 272 Z. 3. st. schweren l. schwereren

* Sei-

* Seite 272 Z. 6 von unten lies: wenn man sie gleich nimmt
Seite 291 Z. 5 st. welcher l. welchen
* §. 322. Z. 6 st. Anwendung l. Aenderung
* Seite 321 Z. 4 von unten l. das spec. leichteste und daher beste
§. 455. Z. 14 st. tr lies: ts
Seite 348 Z. 9 st. 3 l. 7.
Seite 374 Z. 16—18 füge hinzu: van Marum's (Gilbert's Annalen. I. 4. S. 379.) Marknoble's (Ebend. XV. 1. S. 71.) Munke's Vorschl. zur Verbess. der Luftpumpe. Voigt's Mag. VI. 2. S. 146.

Im zweiten Bande.

* Seite 381 Z. 20 l. das Licht schwach leuchtender Körper ist dem Auge unsichtbar
Seite 383 Z. 7 von unten l. jene von selbst leuchtende faulende Stoffe
* §. 494. Z. 19 lies: viermal
* —— — 21 l. nur ein Viertheil so stark
§. 502 Z. 2 st. fig. 8. lies: fig. 89.
— — — 4 st. pn l. pr
Seite 427 Z. 11 st. om l. on.
Seite 438 Z. 6. lies: so fällt von den Stralen, die nahe bei der Axe einfallen, dieses Bild
Seite 439 Z. 14 st. fp lies: lp
* Seite 448 lezte Zeile, füge hinzu: wenn mit dem Halbmesser aa (der in der Figur eigentlich ac heissen sollte) ein Kreis beschrieben, ae bis zur Peripherie verlängert und von dem Puncte, in welchem ae diese schneidet, der Sinus senkrecht auf ad gezogen wird
§. 602. Z. 9 muß die Klammer hinter: „Entfernung" stehen.
* Seite 469 Z. 5 st. bac = BAC l. bca = BCA
§. 218. Z. 7 st. oder l. der
§. 636. Z. 3 st. welchen l. welchem
§. 660. Z. 6 st. 124. l. 126.
* §. 677. Z. 5 st. vermehrt l. mindert
* ——— Z. 6 st. mindert l. vermehrt
* §. 678. Z. 5 lies: vermindert und vermehrt

* §. 682.

* §. 682. Z. 4 lies: eingemischt
Seite 541 Z. 5 st. 42. l. 24.
* §. 708. Z. 4 l. aus der wärmeren in die kältere
* §. 715. Z. 1. 2. l. die dichteren Körper weniger, die minder dichten mehr spec. Wärme
Seite 557 Z. 7 füge hinzu: Schmidtmüller's pyrometrische Versuche in Gilbert's Annalen. XIV. S. 306.
Seite 573 Z. 2 st. 15° R. lies: — 15° R.
§. 759. Z. 11 gehört das: „Ueb. in Gren's ꝛc." mit in die Parenthese
Seite 586 Z. 1 st. Wilk's lies: Wilke's
Seite 591 Z. 3 von unten statt: welchem l. welcher
Seite 597 Z. 8 von unten lies: in Gehlen's n. Journal
§. 785. Z. 1 lies: Die Verdunstung auf der Oberfläche eines Körpers erfolgt
Seite 630 Z. 16 lies: über das Siedepunct des Wassers hinaus
§. 825. Z. 9 st. mithin l. und
* §. 849. Z. 8 st. eilf l. zwölf
* Seite 658 Z. 6 von unten muß vor $\frac{1}{1}$ das Wurzelzeichen wegfallen.
§. 855. Z. 4 st. welchem l. welcher
* §. 874. Z. 9 st. dennoch l. darnach
Seite 675 Z. 3 st. bestimmte l. bestimmter.
Zu §. 936. Marechaux Bemerkungen über Isolatoren in Gilbert's Annalen. XX. 3. S. 354.
§. 1018. lies: den Uebergang von dem Magnetismus zum chemischen Processe.
§. 1026. Z. 7 lies: viel niedriger ist, als das Schmelzpunct des festen Körpers.
§. 1038. Z. 8 st. einfachste l. einfache.
Seite 894 lezte Zeile statt: keine Funken lies: starke Funken.
Seite 916 Z. 6 lies: am + E Leiter wieder gelb.
Seite 927 Z. 22 lies: bei liegenden östlich oder westlich, nördlich oder südlich liegt.
Seite 948 Z. 3 von unten st. bewaffnete l. bewaffnende.
§. 2054 b. lezte Zeile statt: Benennung l. Bedeutung.
§. 2067. Z. 3 st. zustehen l. zu stehen.

Re-

Register.

Die Zahl zeigt den §. an.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

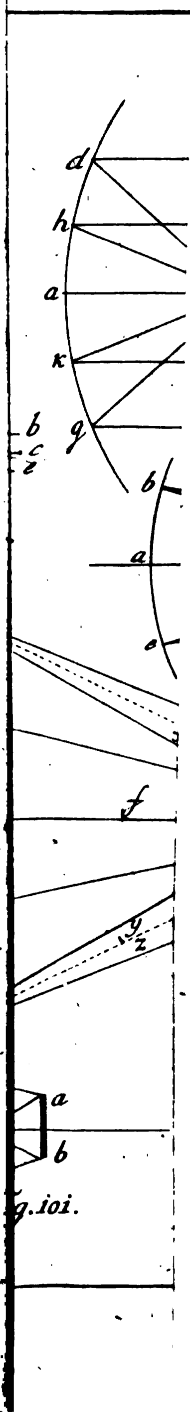
L.

M.

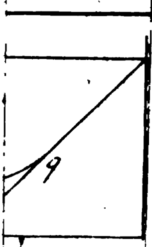
N.

O.

P.



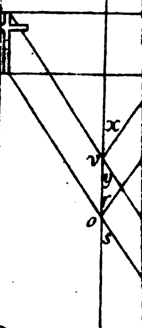
g.101.

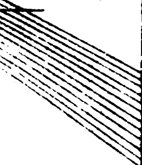


107.

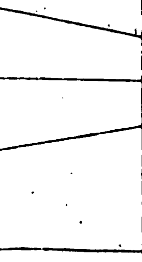


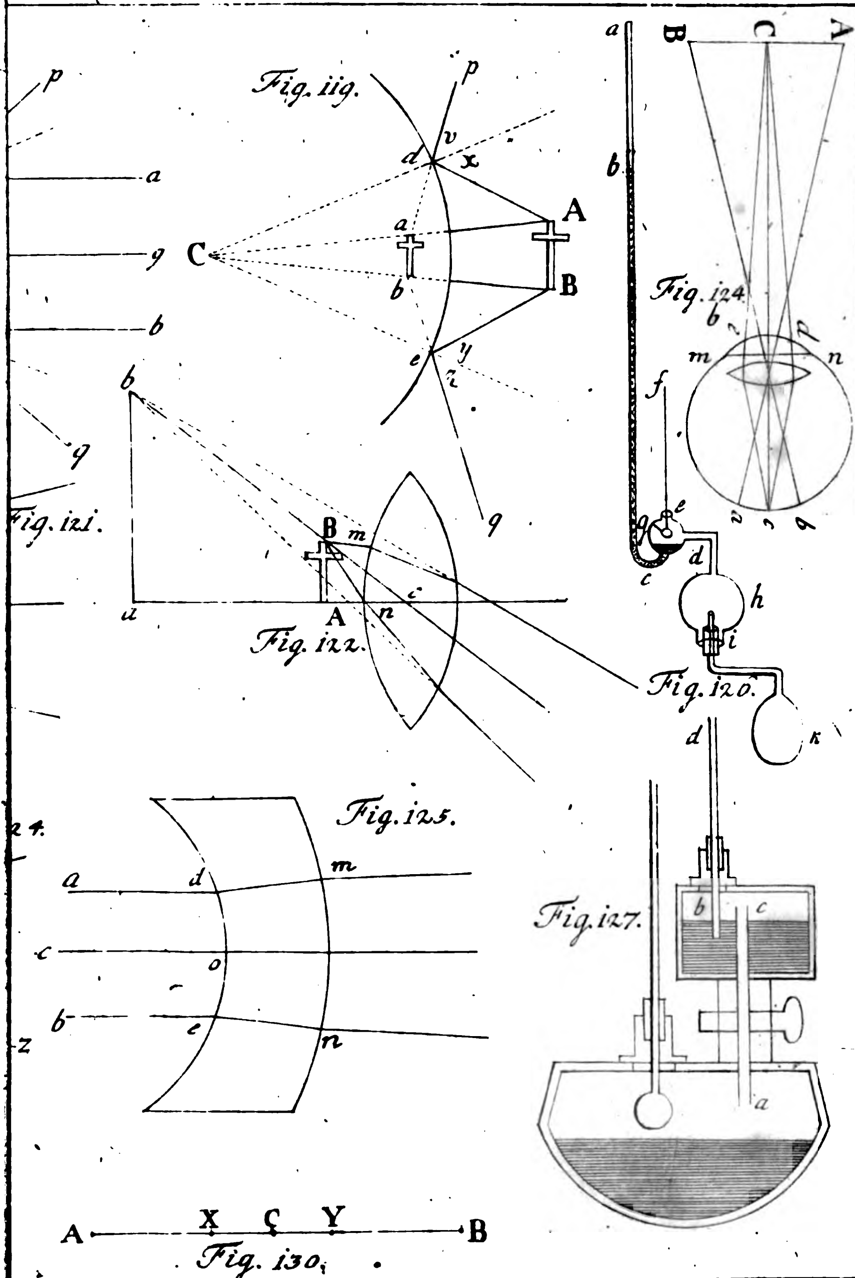
Fig. 10





114.




Fig. 119.
p
v
d
x
a
A
C
b
B
e
y
z
q
a
g
b
p
q
Fig. 121.
b
B
m
c
a
A
n
Fig. 122.
a
b
Fig. 124.
b
d
m
n
f
e
g
d
c
h
i
Fig. 120.
d
k
Fig. 125.
a
d
m
c
o
b
e
n
z
Fig. 127.
b
c
a
A
X
Ç
Y
B
Fig. 130.